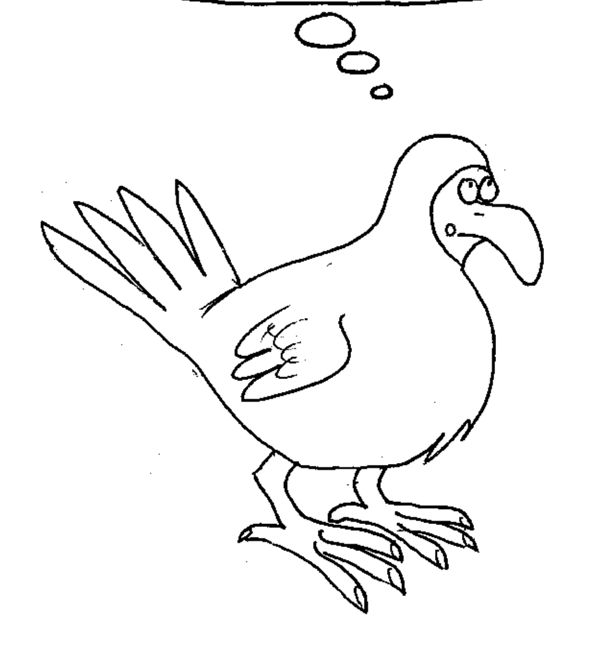
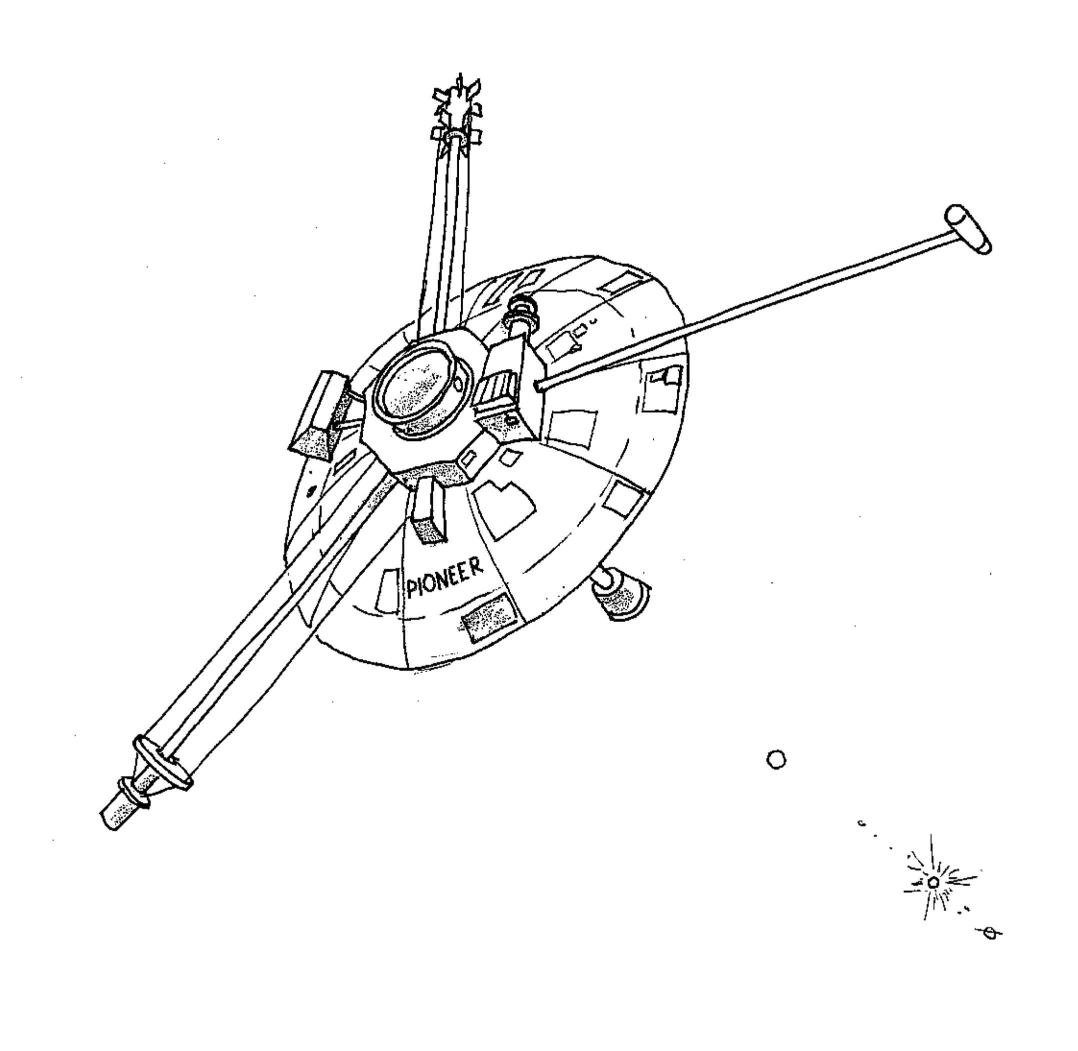
http://www.savoir-sans-frontieres.com

# L'UNIVERS GÉMELLAIRE

Jean-Pierre Petit

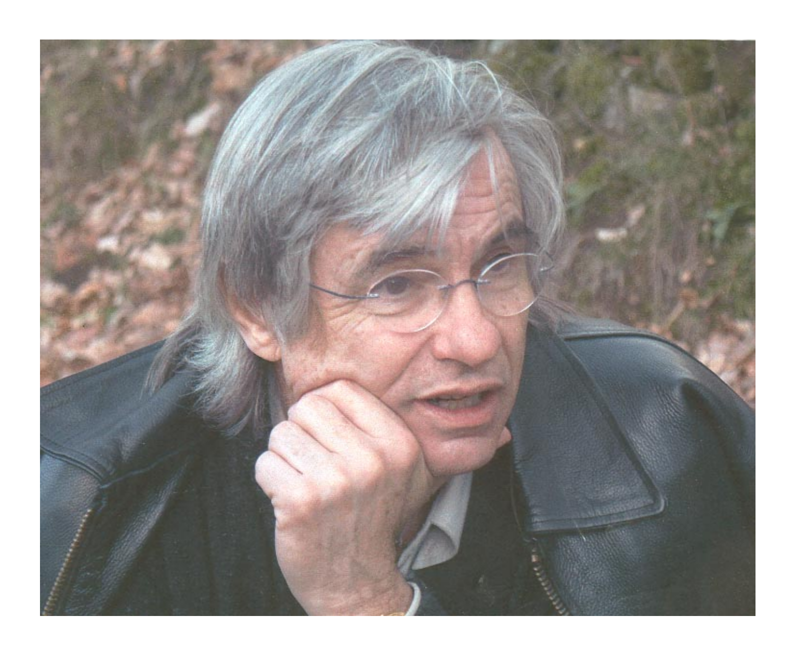



2008

# Savoir sans Frontières

Association Loi de 1901



**Jean-Pierre Petit, Président de l'Association**

Ancien Directeur de Recherche au Cnrs, astrophysicien, créateur d'un genre nouveau : la Bande Dessinée Scientifique. Crée en 2005 avec son ami Gilles d'Agostini l'association Savoir sans Frontières qui s'est donnée pour but de distribuer gratuitement le savoir, y compris le savoir scientifique et technique à travers le monde. L'association, qui fonctionne grâce à des dons, rétribue des traducteurs à hauteur de 150 euros ( en 2007 ) en prenant à sa charge les frais d'encaissement bancaire. De nombreux traducteurs accroissent chaque jour le nombre d'albums traduits ( en 2007 : 200 albums gratuitement téléchargeables, en 28 langues, dont le Laotien et le Rwandais ).
Le présent fichier pdf peut être librement dupliqué et reproduit, en tout ou en partie, utilisé par les enseignants dans leurs cours à conditions que ces opérations ne se prêtent pas à des activités lucratives. Il peut être mis dans les bibliothèques municipales, scolaires et universitaires, soit sous forme imprimée, soit dans des réseaux de type Intranet.
L'auteur a entrepris de compléter cette collection par des albums plus simples d'abord (niveau 12 ans). Egalement en cours d'élaboration : des albums « parlants » pour analphabètes et « bilingues » pour apprendre des langues à partir de sa langue d'origine.
L'association recherche sans cesse de nouveaux traducteurs vers des langues qui doivent être leur langue maternelle, possédant les compétences techniques qui les rendent aptes à produire de bonne traductions des albums abordés.

**Pour contacter l'association, voir sur la homepage de son site**

**http://www.savoir-sans-frontieres.com**

**Coordonnées bancaires France ➔ Relevé d'Identité Bancaire (RIB) :**

| Etablissement | Quichet | N° de Compte | Cle RIB |
|---|---|---|---|
| 20041 | 01008 | 1822226V029 | 88 |

**Domiciliation :** La banque postale
Centre de Marseille
13900 Marseille CEDEX 20
France

**For other countries ➔ International Bank Account Number (IBAN) :**

| IBAN |
|---|
| FR 16 20041 01008 1822226V029 88 |

**and ➔ Bank Identifier Code (BIC) :**

| BIC |
|---|
| PSSTFRPPMAR |

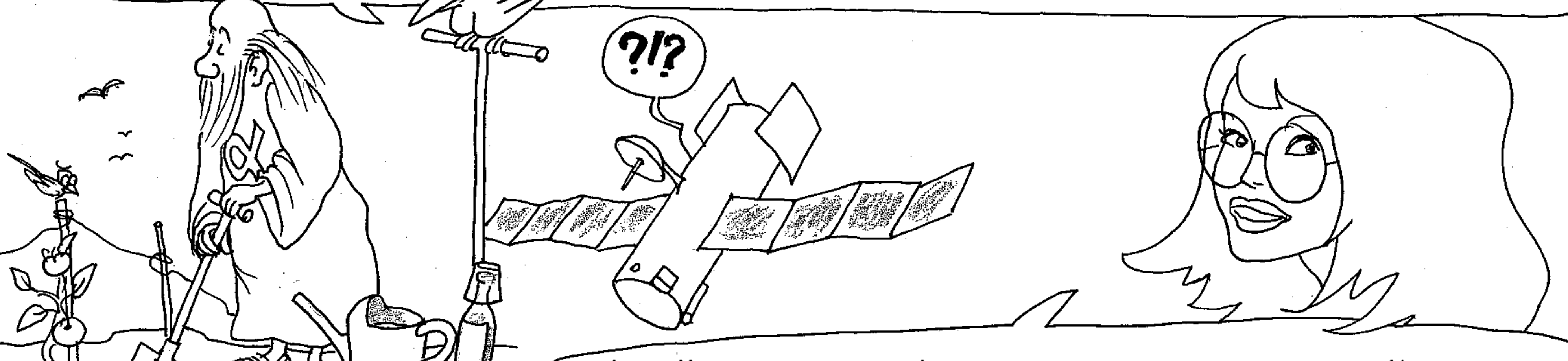
Les statuts de l'association ( en français ) sont accessibles sur son site. La comptabilité y est accessible en ligne, en temps réel. L'association ne prélève sur ces dons aucune somme, en dehors des frais de transfert bancaire, de manière que les sommes versées aux traducteurs soient nettes.

L'association ne salarie aucun de ses membres, qui sont tous des bénévoles. Ceux-ci assument eux-mêmes les frais de fonctionnement, en particulier de gestion du site, qui ne sont pas supportés par l'association.

Ainsi, vous pourrez être assurés, dans cette sorte « d'œuvre humanitaire culturelle » que quelle que soit la somme que vous donniez, elle sera *intégralement* consacrée à rétribue les traducteurs.

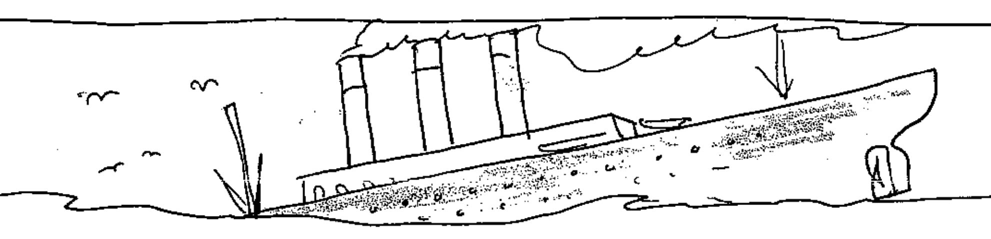
Nous mettons en ligne en moyenne une dizaine de nouvelles traductions par mois.

Vingt six années se sont écoulées depuis que l'auteur a écrit BIG BANG et vingt deux depuis la publication de MILLE MILLIARDS DE SOLEILS. Que dire des vingt sept années qui nous séparent de l'album LE TROU NOIR. Entre temps les choses ont énormément changé. Le bon Hubert lui-même, après avoir vanté le MODÈLE STANDARD pendant trois décennies préfère aujourd'hui se tourner vers l'écologie.




le télescope spatial HUBBLE ainsi que nombre d'autres instruments ont fourni une masse d'informations imprévues qui ont plongé les astrophysiciens dans la plus grande confusion. Le physicien Canadien Lee Smolin a publié un ouvrage "RIEN NE VA PLUS EN PHYSIQUE" (en France aux éditions Dunod en 2007 *) On pourrait écrire, de la même façon que :

RIEN NE VA PLUS EN ASTROPHYSIQUE

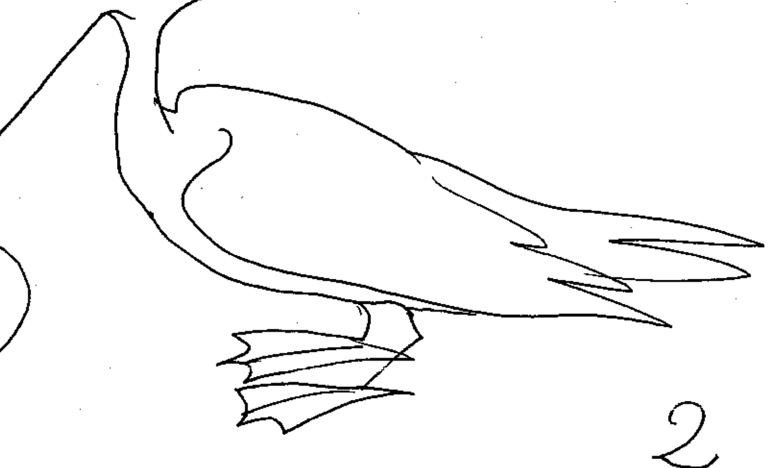


(*) Titre original (Ed.Houghton & Mifflin 2006) The Trouble with Physics The Rise of String Theory, the Fall of a Science, and What Comes Next

De toute manière l'histoire des sciences montre que notre vision du monde a toujours été en perpétuelle évolution. Pourquoi notre époque échapperait-elle à cette règle ? Périodiquement on constate un CHANGEMENT DE PARADIGME. La conception que nous avions des CHOSES et des PHÉNOMÈNES se modifie profondément. Ainsi la RELATIVITÉ RESTREINTE et la GÉOMÉTRIE DE L'UNIVERS, les contradictions croissantes, qui se multiplient d'année en année en astrophysique, que les théoriciens tentent de négocier en inventant sans cesse de nouveaux mots, de nouveaux objets, comme la MATIÈRE SOMBRE ou L'ÉNERGIE NOIRE ne peuvent selon nous se résoudre qu'en introduisant une NOUVELLE PERCEPTION DE LA GÉOMÉTRIE DU COSMOS qui sera donc exposée dans le présent album.



et, comme on dit :
"que les meilleurs gagnent"



Tirésias, vous êtes vraiment une TURBOLIMACE !

Platon (IVe siècle avant JC) recensa quatre polyèdres réguliers (constitués de facettes identiques)

le tétraèdre : 4 triangles équilatéraux → FEU

le cube : six faces carrées → TERRE

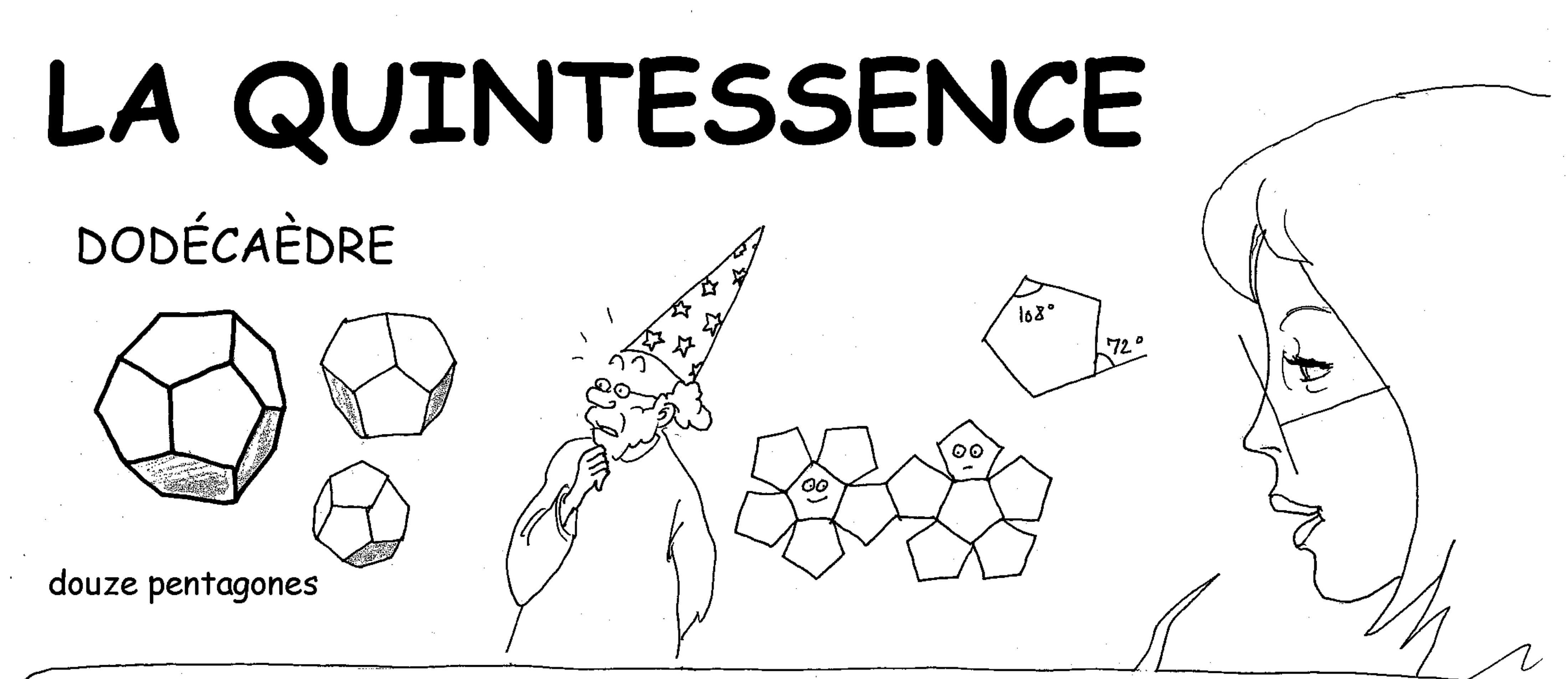
l'octaèdre : huit triangles équilatéraux → AIR

l'icosaèdre : 20 triangles équilatéraux → EAU

les alchimistes et ésotérismes de tous bords décidèrent de les relier aux QUATRE ÉLÉMENTS dont tout ce qui peuplait l'univers était censé être composé.

mais voilà que se produisit une catastrophe.
On s'aperçut qu'il y avait un cinquième polyèdre !

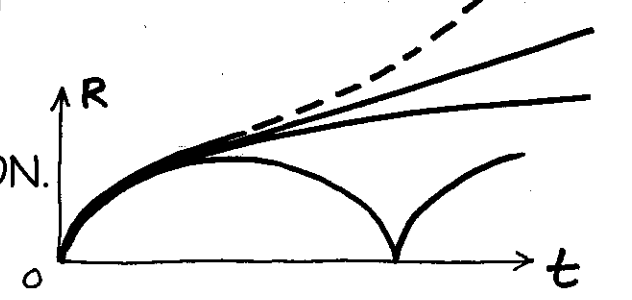
# LA QUINTESSENCE

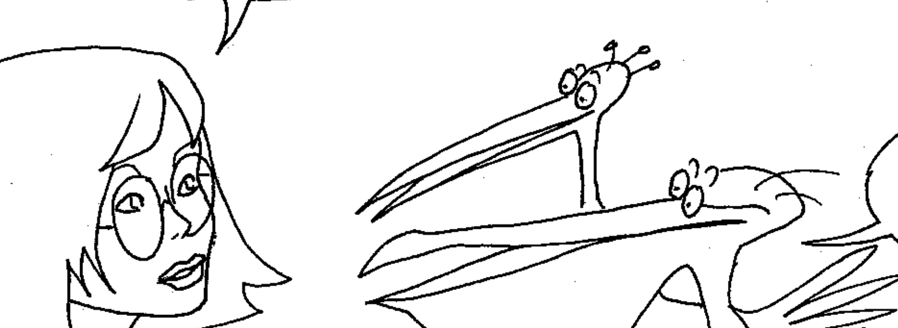



La série des Polyèdres réguliers de Platon se continuait en fait par le DODÉCAÈDRE(*). EDRON veut dire "face" en Grec et DODEKA, "douze". Ce polyèdre a donc douze faces pentagonales. Les "scientifiques" de l'antiquité, puis du Moyen-Âge, qui avaient tout ramené à QUATRE ÉLÉMENTS fondamentaux: L'AIR, LA TERRE, LE FEU, L'EAU, se demandèrent à quelle nouvelle ESSENCE se référait ce polyèdre. Ils la nommèrent la QUINTESSENCE, c'est à dire la CINQUIÈME ESSENCE.

(*) On démontre qu'il y en a exactement cinq. Mais voir l'annexe 1

Depuis 1917 tout le monde était convaincu que le futur du cosmos passait par un ralentissement plus ou moins prononcé de l'expansion cosmique. Or, il y a quelques années des mesures effectuées sur des supernovae très distantes ont mis en évidence une incompréhensible ACCÉLÉRATION. Les astrophysiciens invoquent un nouvel ingrédient remarquable :
L'ÉNERGIE NOIRE (initialement baptisée... "quintessence" !!!)



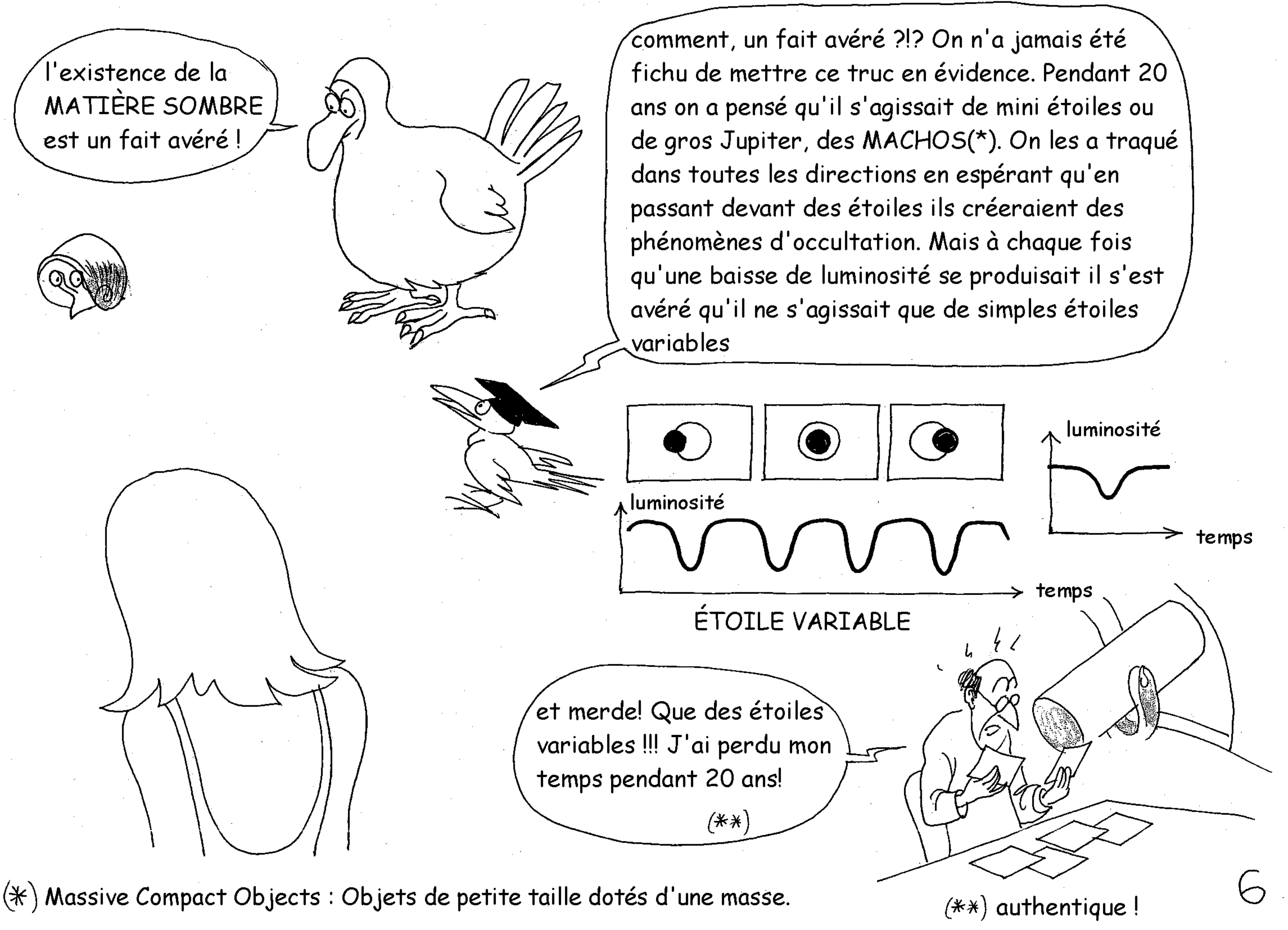
A-t-on une idée sure ce que pourrait être cette mystérieuse énergie noire ?

pas l'ombre d'une idée. Tout ce qu'on se borne à dire c'est que ce composant aurait un caractère RÉPULSIF

C'est du Molière, ce truc ! Il fut un temps où le mercure montait dans les baromètres parce que la Nature avait horreur du vide. Tout le monde sait que les somnifères agissent parce qu'ils ont une vertu dormitive. Cette énergie noire complète le bestiaire où on trouve déjà la mythique MATIÈRE SOMBRE



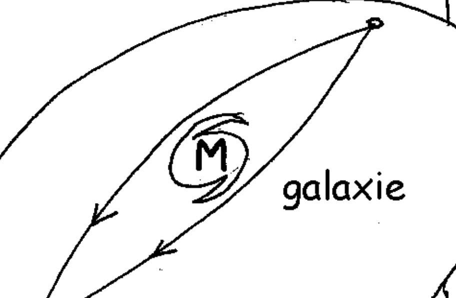
Tirésias, je vous arrête!




(*) Massive Compact Objects : Objets de petite taille dotés d'une masse.

(**) authentique !

# L'EFFET DE LENTILLE GRAVITATIONNELLE






Depuis 1917 Einstein a proposé d'identifier MASSE et COURBURE. Ainsi les trajectoires des photons devinrent des GÉODÉSIQUES de l'hypersurface, ce qui a permis de prévoir L'EFFET DE LENTILLES GRAVITATIONNELLE ainsi que l'existence de MIRAGES GRAVITATIONNELS dont l'existence fut confirmée au début des années quatre-vingt






chers collègues, l'affaire est réglée. Ces deux quasars, qui avaient exactement le même spectre, n'en font qu'un. Il s'agit d'un effet de MIRAGE GRAVITATIONNEL

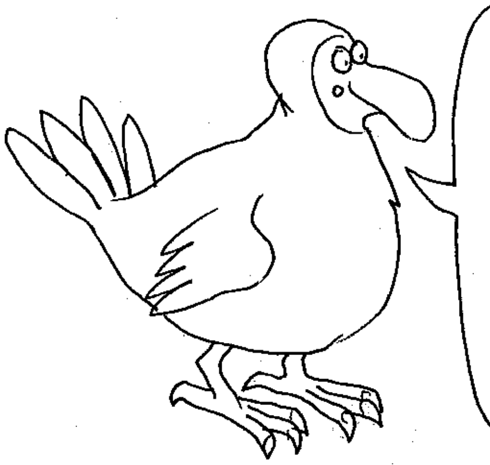
Cette observation est, messieurs, cruciale. Elle démontre, sans contestation possible l'existence de la MATIÈRE SOMBRE. En effet, pour obtenir un tel effet de mirage il faut que la masse de cette galaxie soit le DOUBLE de celle que nous observons.

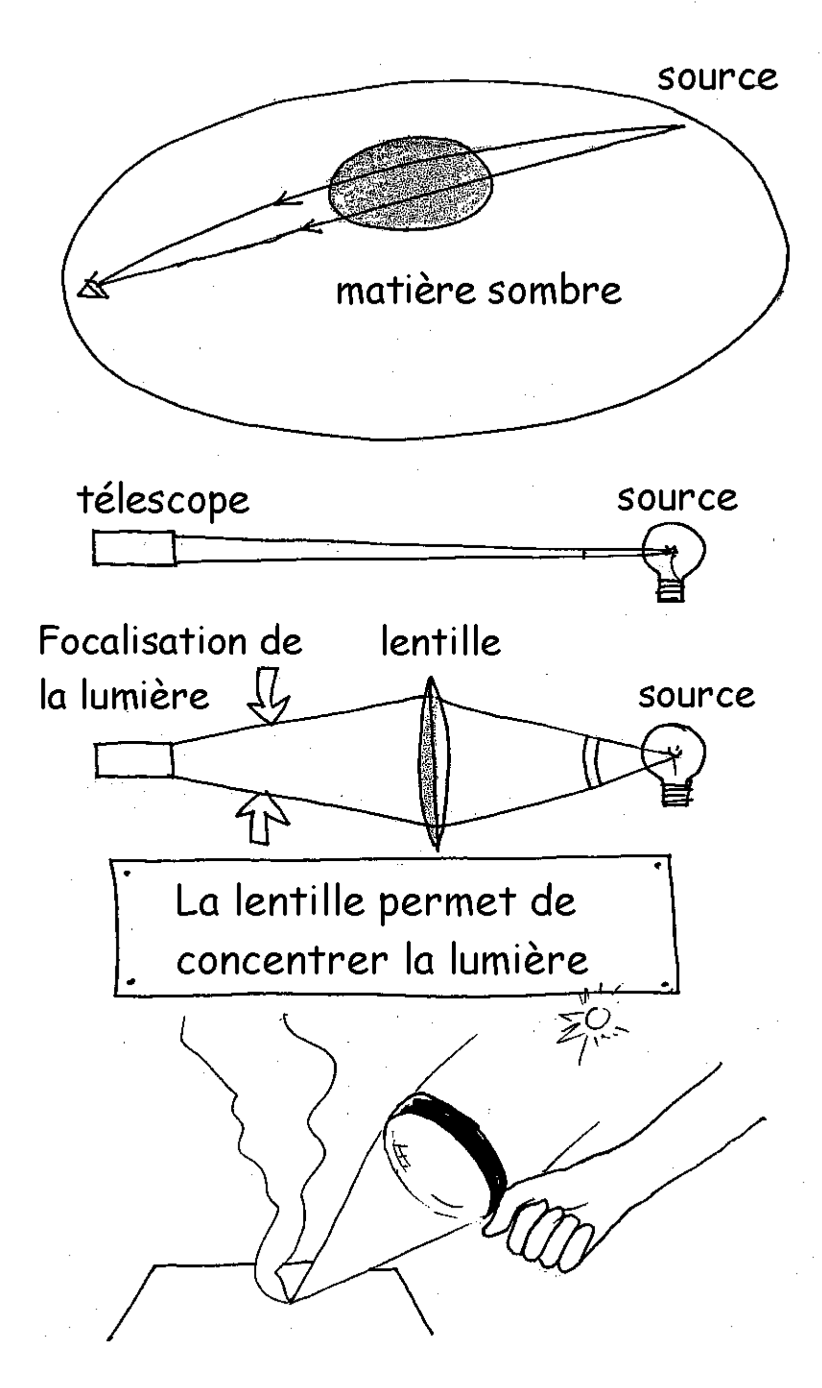
l'observation OPTIQUE est devenue quelque chose de secondaire, de dépassé. Et je vais vous en donner une seconde confirmation absolument imparable

autour de ces galaxies constituant un AMAS vous voyez des images en forme d'ARCS. Ce sont celles de galaxies situées bien loin derrière cet amas.

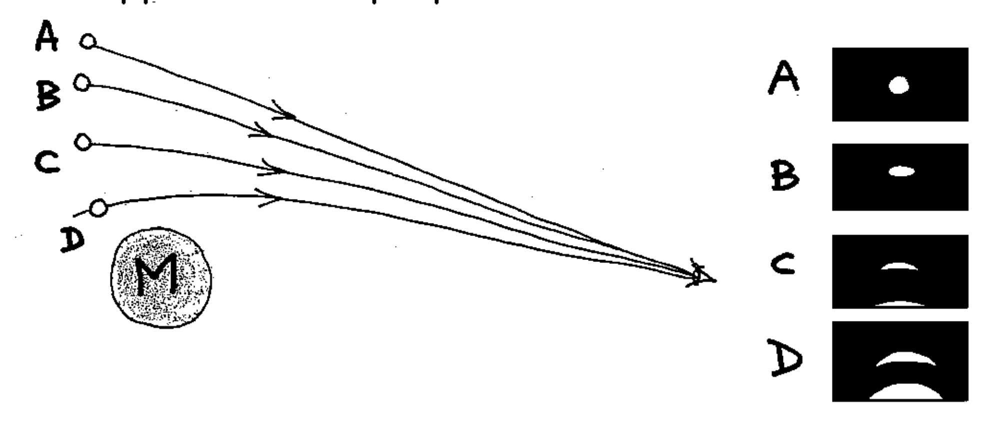
Nous entrons donc, messieurs, dans un nouvel âge de l'astronomie. Nous pouvons mettre en évidence, grâce aux EFFETS GRAVITATIONNELS ce que peut-être nous ne serons jamais en mesure d'observer à l'aide de moyens optiques et cela quelle que soit la longueur d'onde considérée: lumière visible, ultraviolet, infrarouge ou même rayons X

# MICRO-LENSING

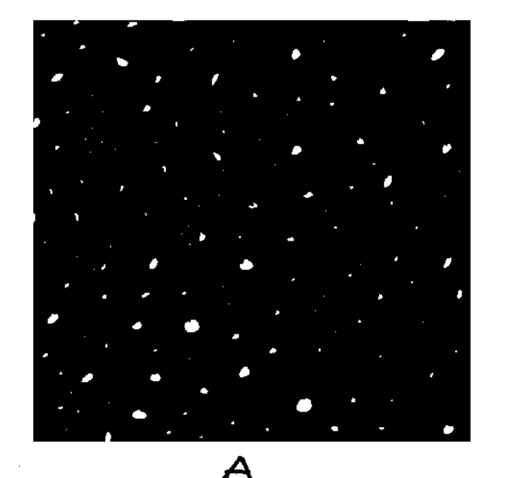


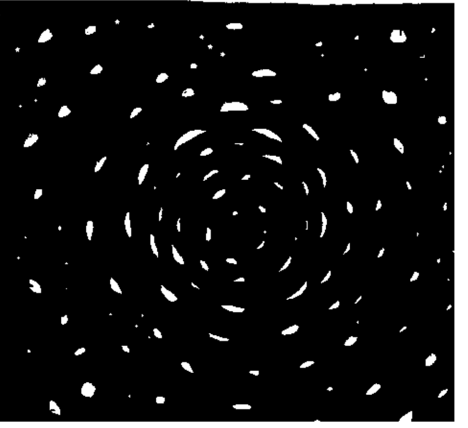

Mais il y a plus intéressant. L'effet de lentille gravitationnelle déforme l'image des galaxies. Ainsi des galaxies sphéroïdales pourraient apparaître elliptiques.




(*) VISIBLEMENT la lumière, qui est une onde électromagnétique, interagit très peu avec cette matière sombre, si tant est que celle-ci existe, puisqu'elle n'émet aucun rayonnement et se comporte comme un milieu totalement transparent. Reste cet effet de lentille gravitationnelle.



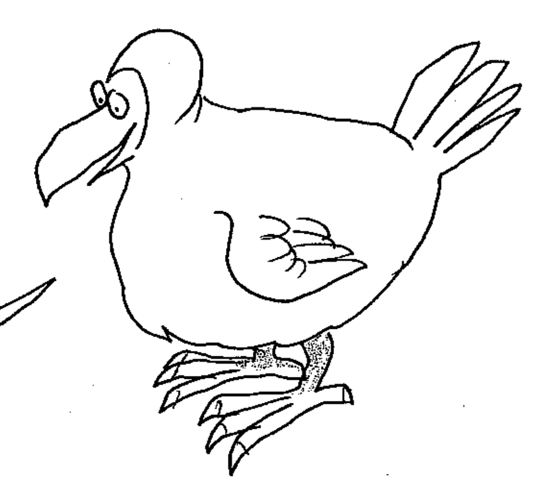
A



B



C



Imaginons que nous regardions une partie du ciel tapissé par de lointaines galaxies. En A un fond de ciel uniforme. En B un objet invisible distord ces images des galaxies par l'effet de lentille gravitationnelle. Certaines s'étirent en prenant l'aspect d'ARCS. En C l'effet est moins prononcé, mais reste visible à l'oeil nu. L'examen de cette distorsion des images des galaxies de l'arrière-plan permet d'évaluer la quantité de matière (sombre) qui produit cet effet. Dans le cas des AMAS DE GALAXIES cette masse est couramment 100 fois supérieure à celle que l'on mesure en faisant le compte des objets de l'amas qui sont visibles, et dont on situe la distance grâce à leur redshift. Mais ce que l'oeil humain peut deviner est sans commune mesure avec la capacité d'analyse, de traitement d'une image si on la confie à un ordinateur. Celui-ci est alors à même, à partir de la moindre déformation (statistique) des images des galaxies de l'arrière-plan de CARTOGRAPHIER cette matière sombre dans les trois dimensions(*)

Vous voulez dire que grâce à cette méthode on peut cartographier ce qu'on ne VOIT pas ?

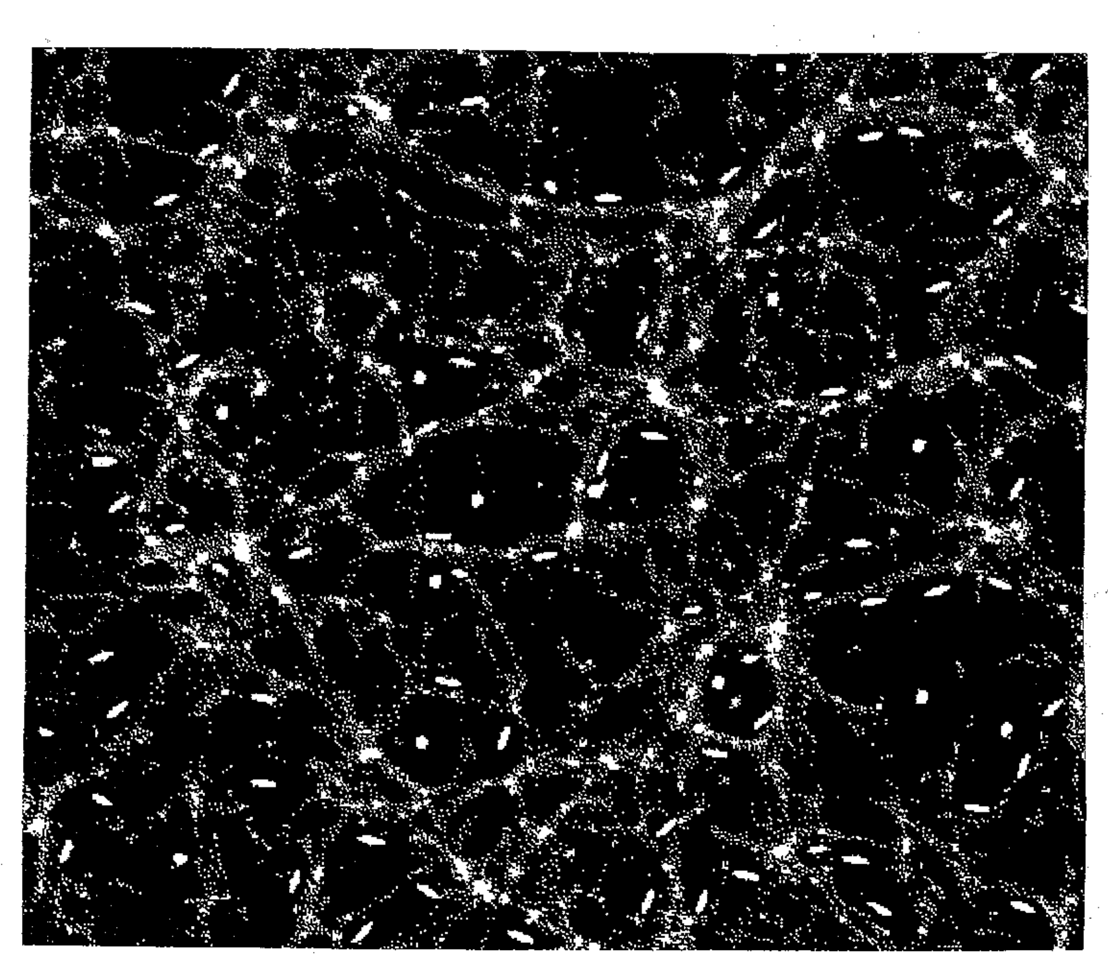
(*) Ces techniques ont commencé à être utilisées au début des années deux mille.

# LA NOUVELLE ASTRONOMIE

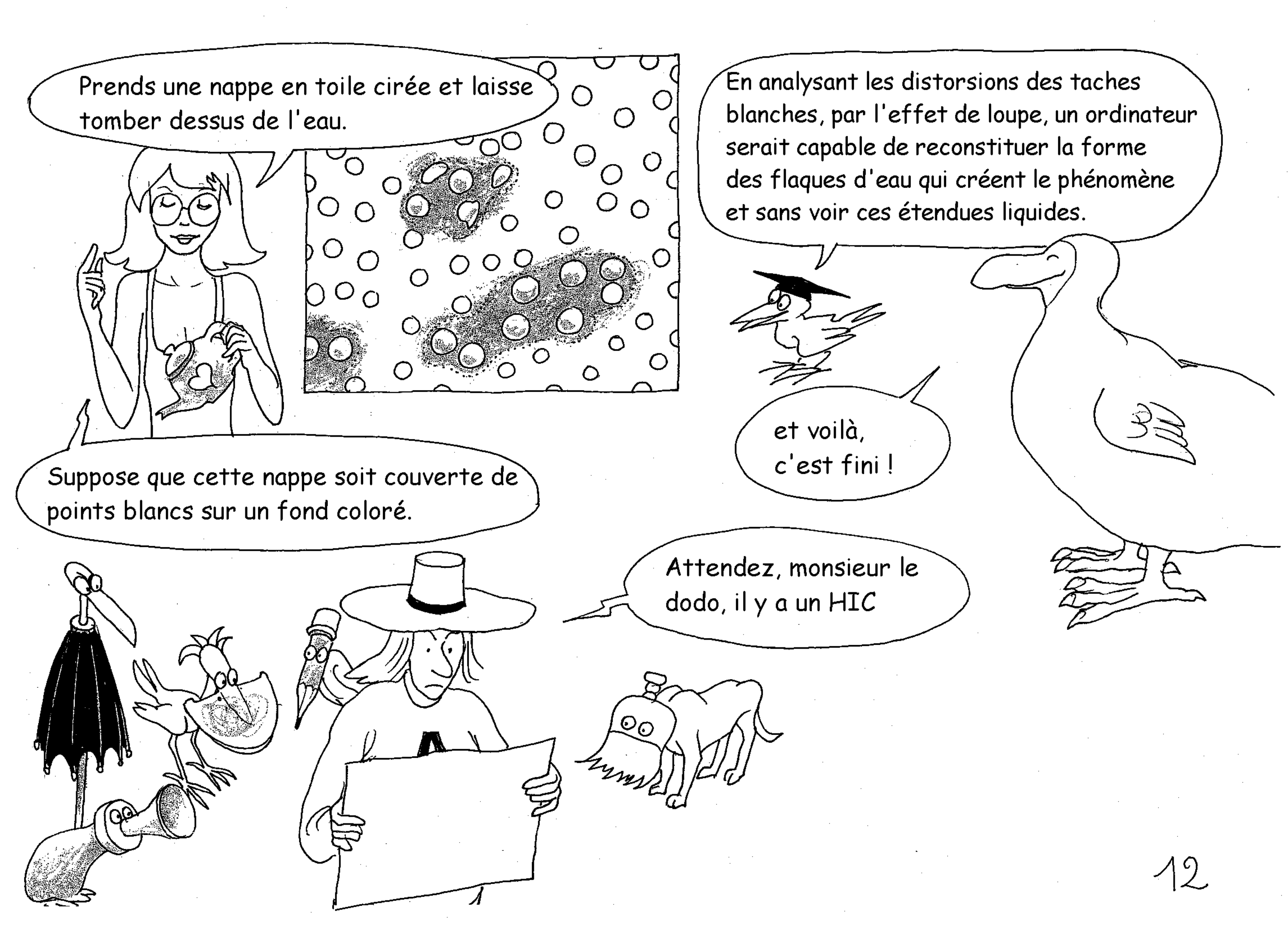




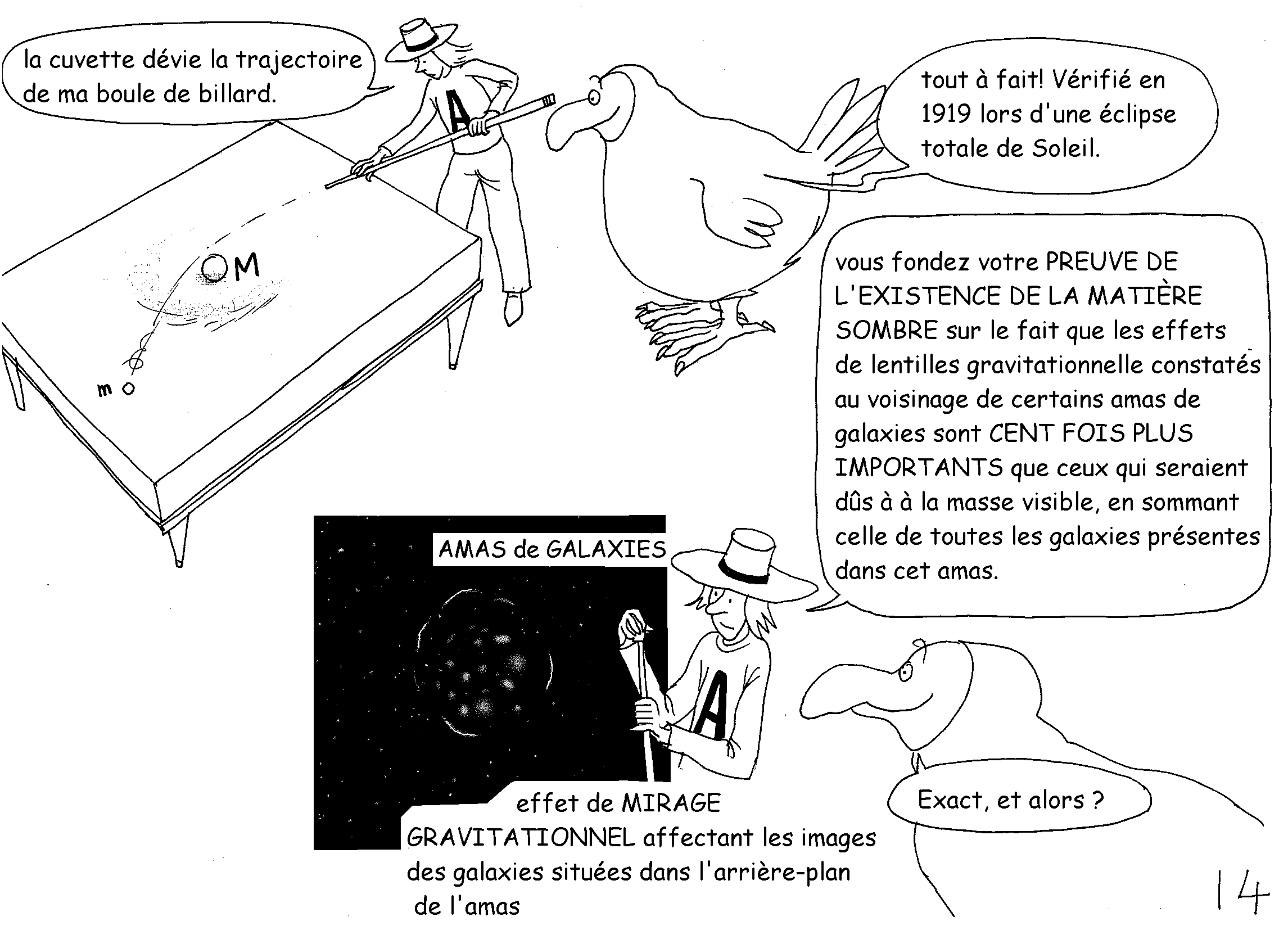




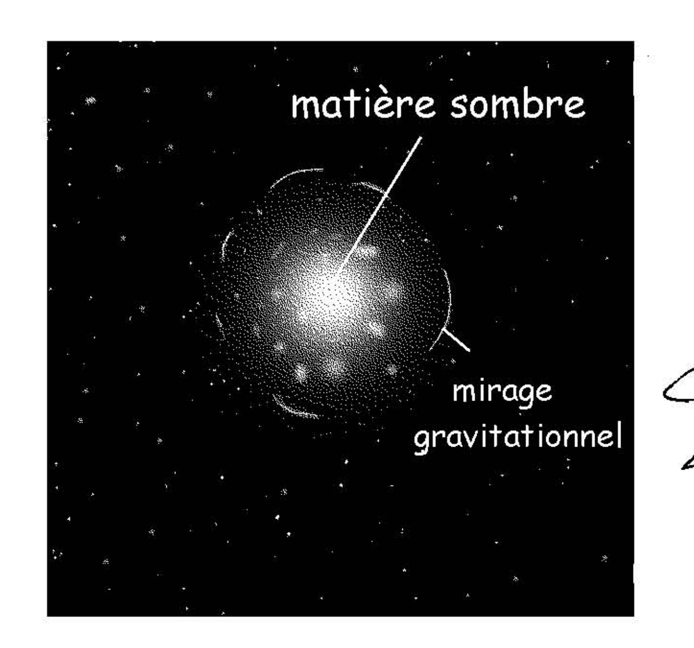
La première carte de la MATIÈRE SOMBRE publiée en 2000


Prends une nappe en toile cirée et laisse tomber dessus de l'eau.
Suppose que cette nappe soit couverte de points blancs sur un fond coloré.
En analysant les distorsions des taches blanches, par l'effet de loupe, un ordinateur serait capable de reconstituer la forme des flaques d'eau qui créent le phénomène et sans voir ces étendues liquides.
et voilà, c'est fini !
Attendez, monsieur le dodo, il y a un HIC


Oui, monsieur Handshic, il y a quelque chose qui ne va pas dans cette NOUVELLE ASTRONOMIE.
Ah oui ! et quoi donc ?
Je prends ce matelas en mousse que j'assimile à l'espace. S'il n'y a rien dessus et que j'envoie une boule sur ce BILLARD MOU sa trajectoire sera une DROITE: une GÉODÉSIQUE du plan.
m
les photons suivent des GÉODÉSIQUES de l'HYPERSURFACE où Einstein a montré que nous vivions, d'accord ?
Si je pose une masse M sur ce billard mou, cela va creuser sa surface, créer une sorte de cuvette. Dites-moi si j'ai bien compris l'idée générale.
c'est cela
M



la cuvette dévie la trajectoire de ma boule de billard.
M
m
tout à fait! Vérifié en 1919 lors d'une éclipse totale de Soleil.
vous fondez votre PREUVE DE L'EXISTENCE DE LA MATIÈRE SOMBRE sur le fait que les effets de lentilles gravitationnelle constatés au voisinage de certains amas de galaxies sont CENT FOIS PLUS IMPORTANTS que ceux qui seraient dûs à à la masse visible, en sommant celle de toutes les galaxies présentes dans cet amas.
AMAS de GALAXIES
effet de MIRAGE GRAVITATIONNEL affectant les images des galaxies situées dans l'arrière-plan de l'amas
Exact, et alors ?

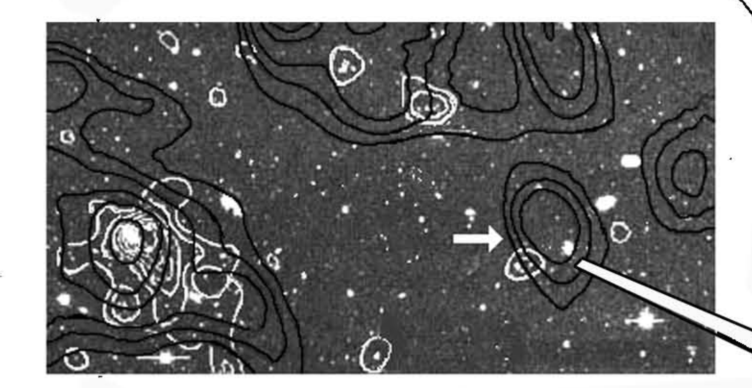



à partir de cela vous en déduisez que la masse $M_{dm}$ de DARK MATTER, de MATIÈRE SOMBRE qui se trouve dans l'amas est 100 fois supérieure à la masse visible $M_v$



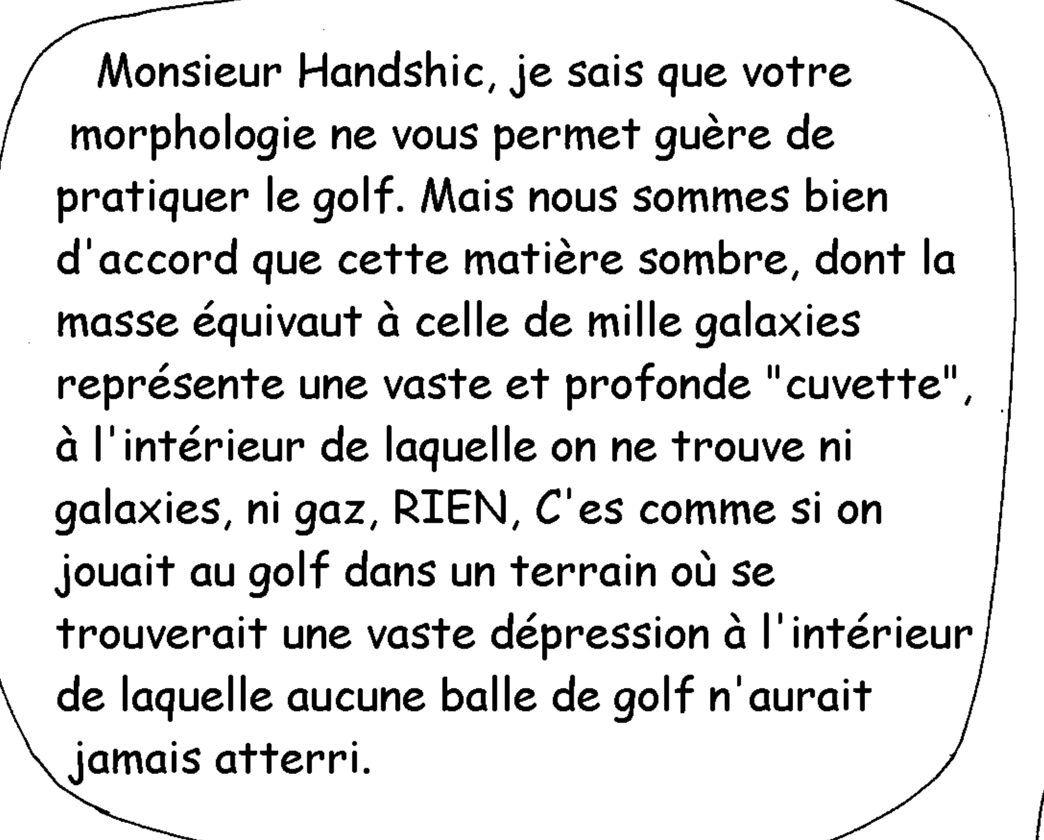

Dès 1999 Meillier et Fort ont localisé des CONCENTRATIONS DE MATIÈRE SOMBRE dont la masse $M_{dm}$ équivalait à celle de mille galaxies. Mais le problème et qu'au niveau optique il n'y avait rien de notable dans ce coin-là (*)

ils ont traqué de la matière ordinaire dans toutes les fréquences possibles: dans l'Infrarouge, l'Ultraviolet. Mais ça n'a donné aucun résultat.

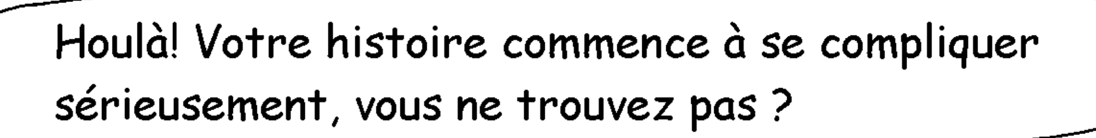


c'est un AMAS OBSCUR, constitué uniquement de matière sombre

(*) A quelque distance de l'amas Abell 1942
la flèche blanche indique la région concernée

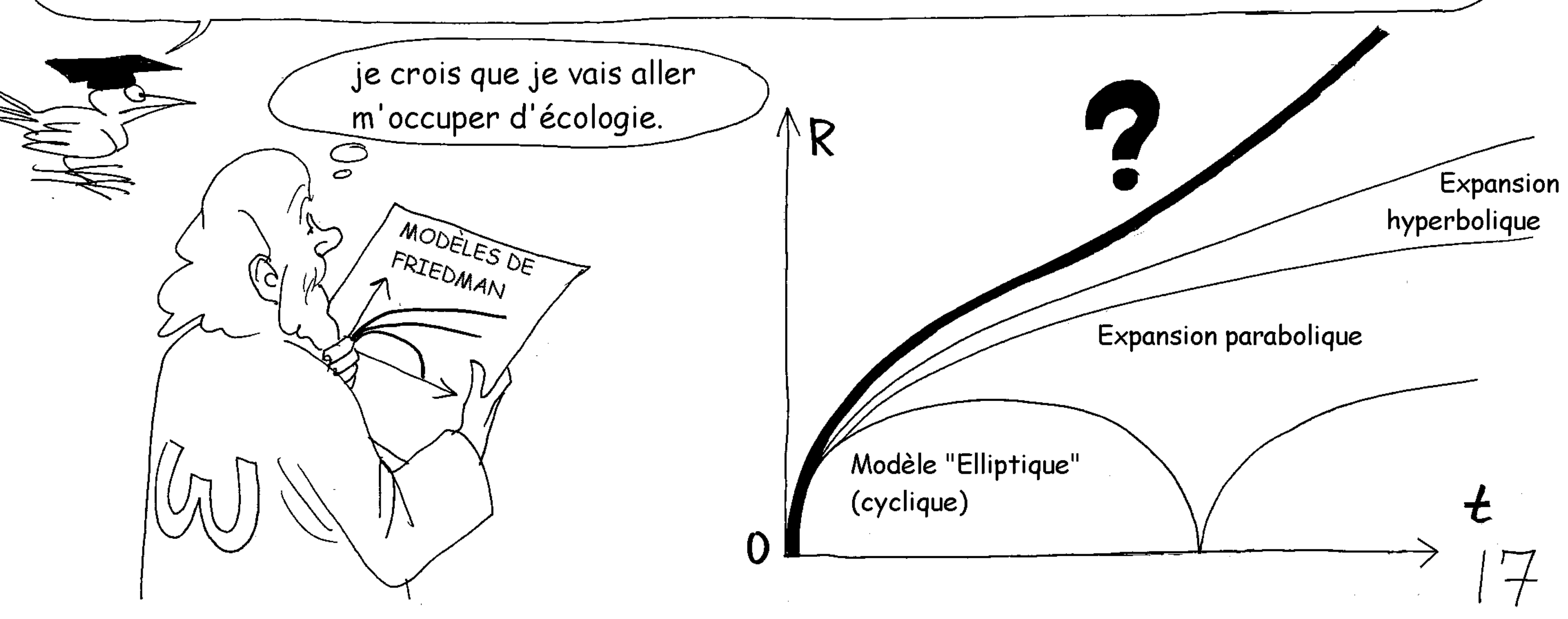

Monsieur Handshic, je sais que votre morphologie ne vous permet guère de pratiquer le golf. Mais nous sommes bien d'accord que cette matière sombre, dont la masse équivaut à celle de mille galaxies représente une vaste et profonde "cuvette", à l'intérieur de laquelle on ne trouve ni galaxies, ni gaz, RIEN, C'es comme si on jouait au golf dans un terrain où se trouverait une vaste dépression à l'intérieur de laquelle aucune balle de golf n'aurait jamais atterri.


c'est sans doute parce que cette espèce de matière sombre-là n'attire que ... la matière sombre et bien sûr les photons, mais pas la matière ordinaire.


Houlà! Votre histoire commence à se compliquer sérieusement, vous ne trouvez pas ?

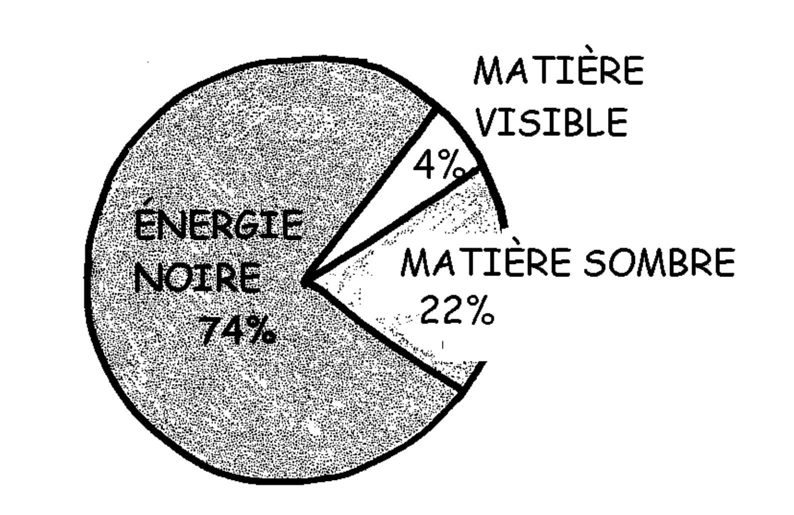
# L'ACCÉLÉRATION COSMIQUE

Comme si les choses n'allaient pas déjà assez mal comme ça, des observations du début des années deux mille portant sur des supernovae extrêmement distantes confirmèrent que l'expansion cosmique, au lieu de se ralentir, comme on l'avait cru pendant trois quarts de siècle, allait au contraire en s'accélérant, plus le temps passait. Quelle pouvait être la force mystérieuse responsable d'un tel phénomène ? On n'en savait strictement RIEN. On inventa donc un nouvel ingrédient, à rajouter à la mixture cosmique qui ressemblait de plus en plus à la soupe au canard des Marx Brothers. On lui donna un nom: l'ÉNERGIE NOIRE, en la dotant d'un POUVOIR RÉPULSIF.

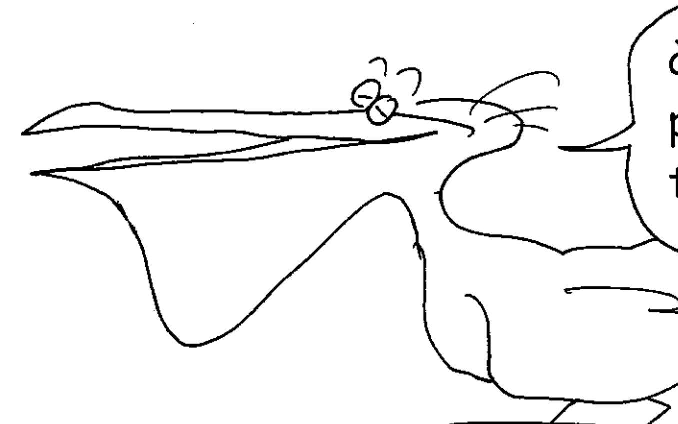


Pour faire cadrer le MODÈLE COSMOLOGIQUE avec cette nouvelle données d'observation les astrophysiciens en sont arrivés à la conclusion que l'Univers était composé de

74% d'ÉNERGIE NOIRE
22% de MATIÈRE SOMBRE
4% de MATIÈRE VISIBLE





à ce stade on peut se demander si cela vaut encore la peine de faire des observations et si on ne pourrait pas tout simplement négliger ces misérables 4% observables.

Attendez, vous oubliez la théorie des cordes. Grâce à elle, un jour, tout finira par s'éclaircir et on vous sortira une THÉORIE DE TOUT

en attendant c'est une THÉORIE DE RIEN...

 TOE : Theory of Everything

# LA PHYSIQUE ET L'ASTROPHYSIQUE S'ENFONCENT DANS UNE CRISE SANS PRÉCÉDENT DANS L'HISTOIRE

Je crois qu'il est intéressant de citer le discours d'introduction prononcé par le président d'une université il y a plus de 20 ans:
"Bien que la théorie des cordes n'ait à ce jour produit aucune interprétation d'un phénomène, n'ait proposé la moindre expérience, ni fourni un modèle de quoi que ce soit, on notera, étant donné la masse croissante des articles qui sont publiés chaque année dans tous les pays l'extrême vitalité de cette nouvelle discipline" (*)



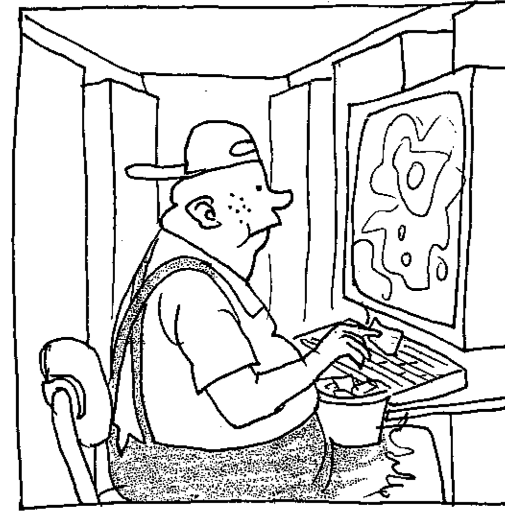
Un fossé, qui s'élargit d'année en année s'est créé entre les progrès spectaculaires des instruments d'observation et de mesure et la capacité des chercheurs à traiter et à modéliser ces données. Celle-ci est en pleine déliquescence. Autant l'époque est celle d'un boom technologique impressionnant autant le domaine fondamental semble en complète chute libre.

(*) En 2007 le nombre d'articles publiées a dépassé le chiffre astronomique de cent mille publications. Et le nombre de thèses de doctorat est à l'avenant.

La LOI DE PETER SMALL se confirme de jour en jour, qui dit que le produit de la capacité imaginative et créatrice d'un chercheur par la puissance de l'ordinateur dont il dispose est une constante.







le maître mot de l'époque est la SIMULATION NUMÉRIQUE. Un astrophysicien théoricien qui aura passé sa vie à tenter, sans succès, de percer le mystère de la DYNAMIQUE DES GALAXIES est un chercheur (ou une chercheuse) qui aura mille fois lancé un calcul dont la base théorique se limite à la LOI DE NEWTON en changeant à chaque fois les paramètres et en espérant que, cette fois, le miracle se produira.




Ah, les bras spiraux de ma galaxie se sont encore évaporés au bout d'un tour.

l'ordinateur le plus puissant du monde ne peut toujours pas remplacer un paquet de neurones bien câblés.



Alors qu'on a modélisé les atomes et le fonctionnement des étoiles(*) on ne dispose d'aucun modèle théorique susceptible de décrire une galaxie. Non modernes "théoriciens" sont loin de posséder les connaissances et les outils de pensée de figures comme Eddington(**) et Chadrasekhar(***)




$$\begin{cases} \frac{\partial f}{\partial t} + v \cdot \frac{\partial f}{\partial r} - \frac{\partial \psi}{\partial r} = 0 \\ \Delta \psi = 4 \pi G \rho \end{cases}$$

?...

(**) Calcula la température et la pression au coeur des étoiles (1923)

(***) Calcula la limite qui porte son nom, caractérisant les naines blanches. Prix Nobel 1983, cinquante ans après (le record absolu)

(*) En 1931 cette maîtrise du calcul théorique avait permis à l'Américain d'origine Suisse FRITZ ZWICKY de prédire le phénomène des Supernovae et d'exposer son scénario lors d'une célèbre conférence donnée au CALTECH, et ce bien avant que celles-ci ne soient observées et étudiées.

En revanche, un système carriériste d'une redoutable efficacité a pu s'instaurer grâce à l'INTERNET et des bases de données comme SPIRE, qui comptabilisent les citations et les téléchargements d'articles scientifiques, ce qui permet à des GROUPES ORGANISÉS de s'entre-valoriser de manière totalement artificielle en se citant mutuellement. Comme par ailleurs ces mêmes groupes se sont emparé des systèmes de contrôle des revues scientifiques en bénéficiant de l'anonymat du REFEREE(*), ou ont créé leurs propres revues, le système s'est complètement verrouillé dans le champ d'IDÉES DOMINANTES en excluant du coup l'émergence de toute idée, de tout modèle réellement novateur. C'est ce qui a permis l'émergence de véritables IMPOSTURES SCIENTIFIQUES comme la THÉORIE DES CORDES (qui n'existe même pas sous forme de théorie explicite)

QUELQUES PERLES DE "L'UNIVERS ÉLÉGANT" de Brian Greene

4e de couverture: Une révolution scientifique. De l'infiniment grand à l'infiniment petit. L'unification de toutes les théories de la physique

p.189: Nous verrons que la théorie des cordes,bien qu'elle soit la plus prédictive que les physiciens aient jamais étudié, ceux-ci ne sont pas en mesure de faire des prédictions suffisamment précises pour pouvoir être confrontées aux données expérimentales

p.252: Il est tout à fait envisageable que plus d'une génération de physiciens consacre sa vie à l'étude du développement de la théorie des cordes sans le moindre écho expérimental

p.300: Edward Witten (père des "cordes Cosmiques" et de la mythique "Théorie M") est considéré comme le digne successeur d'Einstein dans le rôle du plus grand physicien vivant. Certains vont même plus loin et disent qu'il est le plus grand physicien de tous les temps (...)

(*) Un expert choisi par le bureau de la revue, chargé d'évaluer l'article soumis

Oh!

vite!

Ça n'est pas un micro
mais un élément d'une
simple barrière !

Enfin la science d'aujourd'hui est hypermédiatisée. Des réputations imméritées se construisent, ou des scientifiques médiocres bénéficient d'une aura simplement liée à leur talent de vulgarisateur.

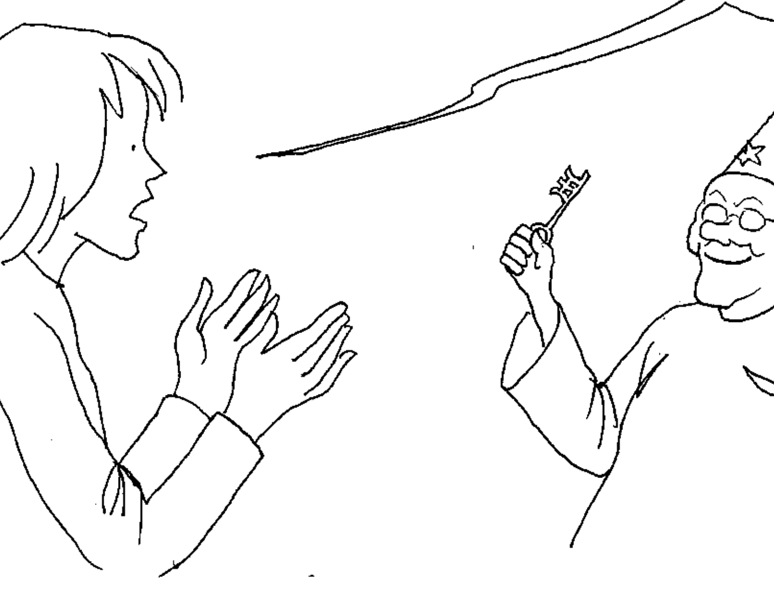
revenons à cette histoire d'accélération du Cosmos
et à cette énergie noire répulsive. À quoi cela peut-il
correspondre ?

Je te suggère d'aller
rendre visite au
MAÎTRE DES GROUPES










GÉOMÉTRIE

GROUPES

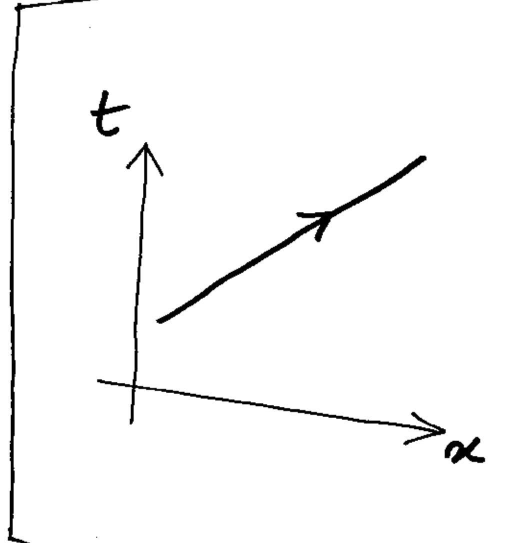
bien sûr! Cent pour cent géométrique



(*) Référence à la bande dessinée sur les GROUPES :

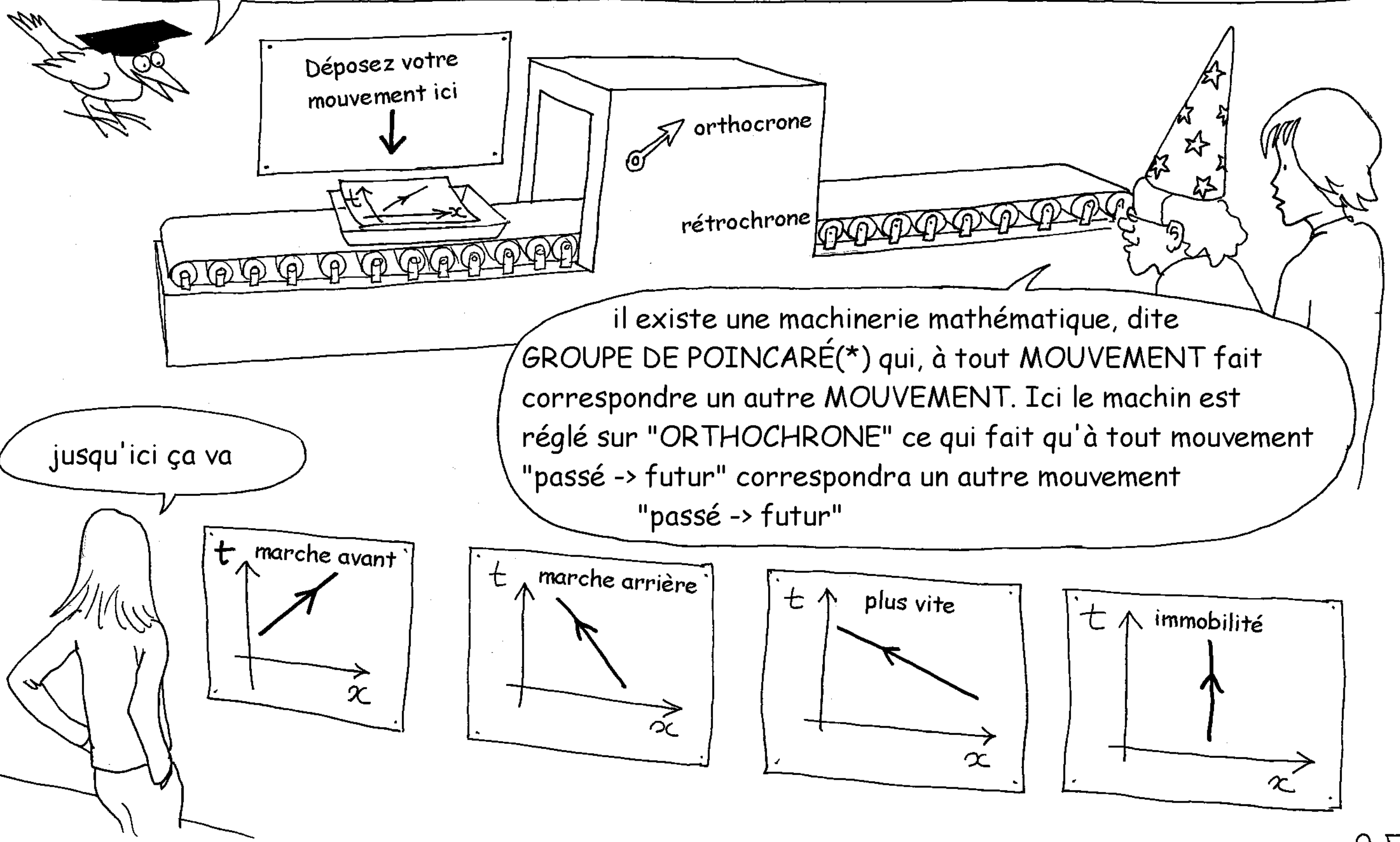
# DIS-MOI COMMENT TU TE MEUS JE TE DIRAI QUOI TU ES




j'ai l'impression de descendre dans les catacombes de l'Univers
on voit bien que C'EST parce que vous êtes un rat de laboratoire. C'est simplement de la PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. Nous allons à la rencontre du dessous des CHOSES.
est-ce que tu as déjà vu ou tenu entre tes doigts une particule de masse m ? Dis le moi.
Eh bien, pas vraiment. On croit tenir les choses et puis on ne sait plus très bien ce qu'on tient, finalement.
Je me demande si j'ai bien fait de venir
qu'est-ce que vous préférez ? Aller voir un psychanalyste ?
VOUS QUI ENTREZ DANS CES LIEUX ABANDONNEZ TOUTE CERTITUDE

Pour les lecteurs qui disposent d'un (petit) bagage mathématique toutes ces choses sont expliquées dans l'annexe 4. Pour les autres nous nous contenterons d'images




(*) Tous ses secrets révélés dans l'Annexe 2



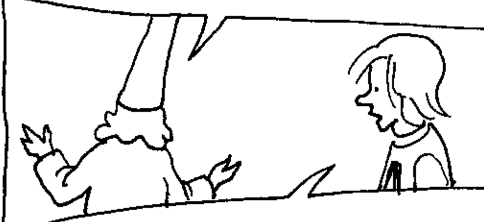

Si tu te donnes un MOUVEMENT dans l'espace-temps, orthochrone, c'est à dire ORIENTÉ dans le sens passé-futur, la moitié des éléments du groupe de Poincaré va le transformer en un autre mouvement de même orientation temporelle, mais l'autre moitié du group le transformera en mouvement "futur passé"

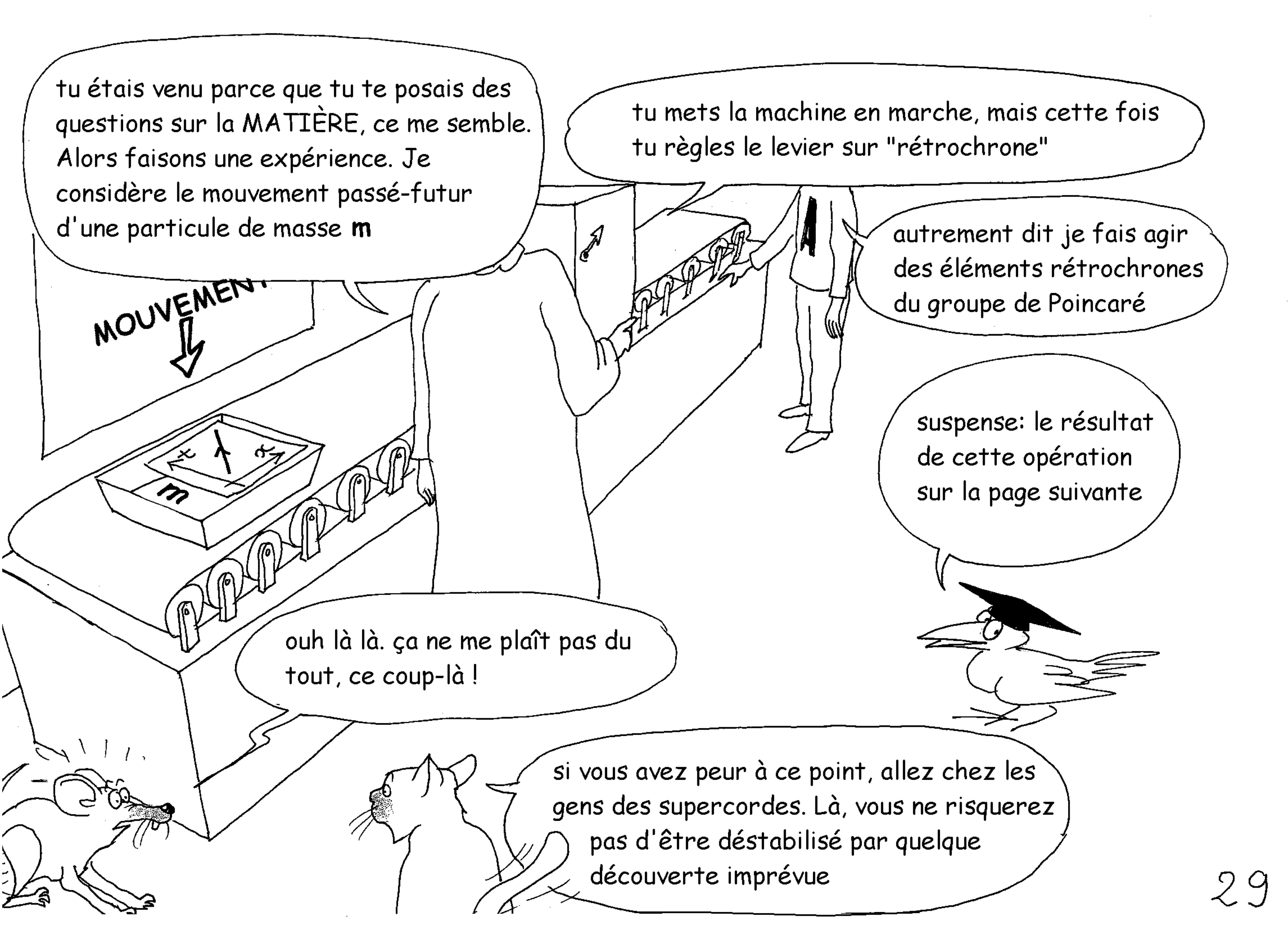



le groupe nous l'indique

oui, mais est-ce que le groupe C'EST la réalité ?

le groupe et l'espace sont étroitement liés. Ils se confèrent mutuellement leur existence




tu étais venu parce que tu te posais des questions sur la MATIÈRE, ce me semble. Alors faisons une expérience. Je considère le mouvement passé-futur d'une particule de masse m
tu mets la machine en marche, mais cette fois tu règles le levier sur "rétrochrone"
autrement dit je fais agir des éléments rétrochrones du groupe de Poincaré
MOUVEMENT
m
suspense: le résultat de cette opération sur la page suivante
ouh là là. ça ne me plaît pas du tout, ce coup-là !
si vous avez peur à ce point, allez chez les gens des supercordes. Là, vous ne risquerez pas d'être déstabilisé par quelque découverte imprévue

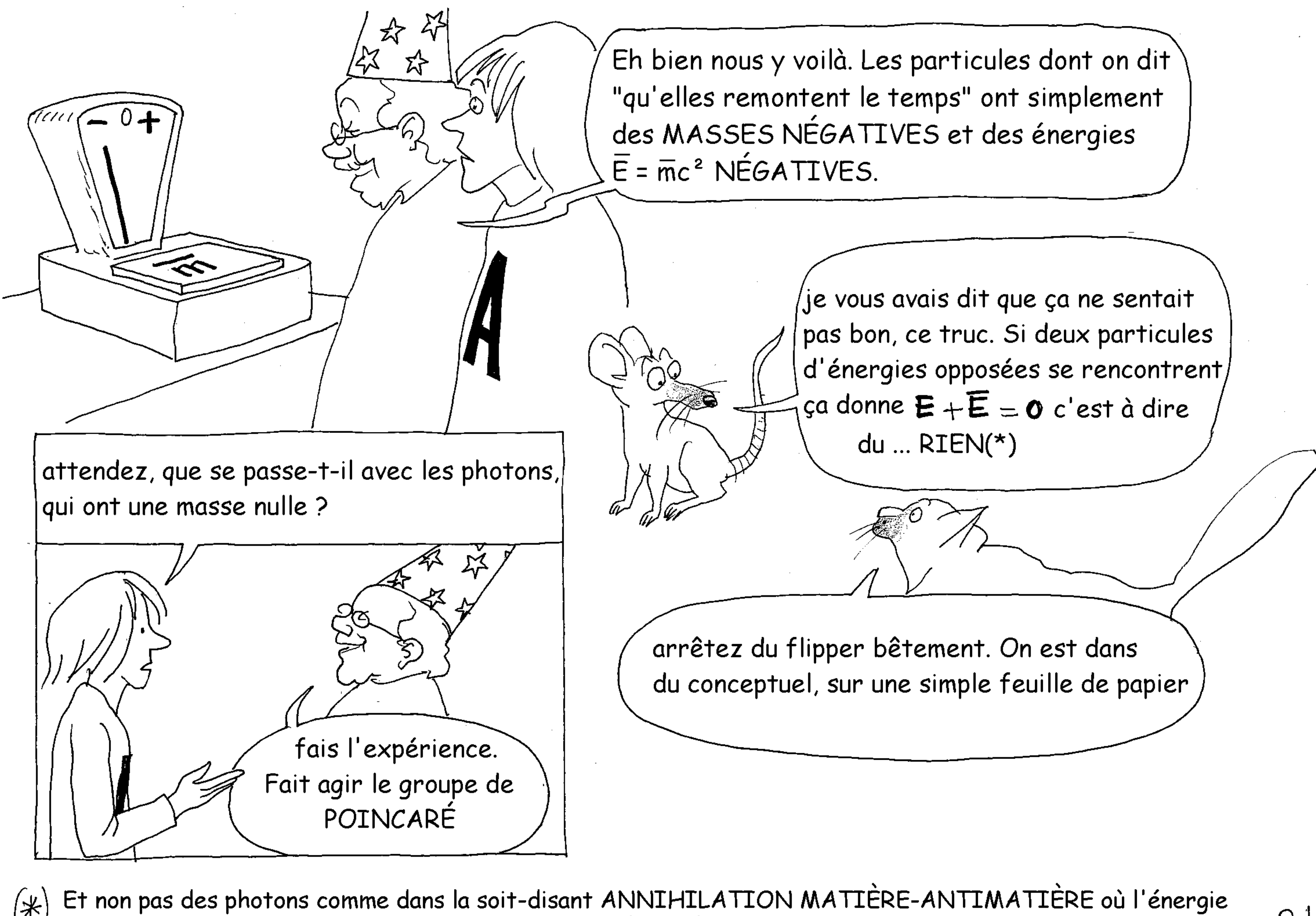
# MASSES ET ÉNERGIES NÉGATIVES



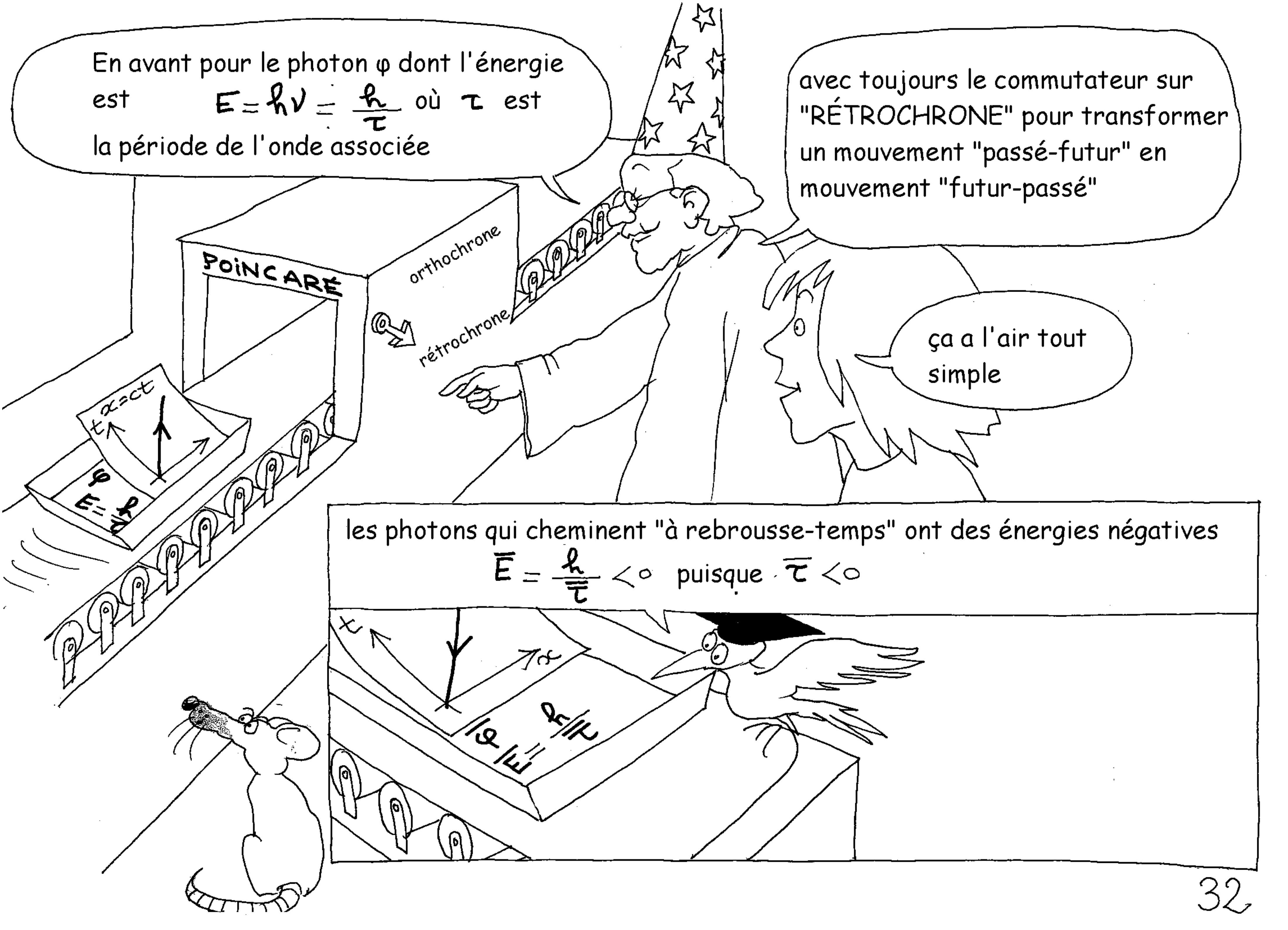

j'obtiens un mouvement du POINT MATÉRIEL RELATIVISTE qui s'effectue maintenant dans le sens FUTUR-PASSÉ. Ma particule REMONTE BIEN LE TEMPS, mais sa MASSE est devenue $\overline{m}$

nous alors voir ce que cela donne

qu'est-ce que c'est que cette balance-là ?!?




(*) Et non pas des photons comme dans la soit-disant ANNIHILATION MATIÈRE-ANTIMATIÈRE où l'énergie est conservée et qu'on devrait plutôt qualifier de DÉMATÉRIALISATION



En avant pour le photon φ dont l'énergie est $E = h\nu = \frac{h}{\tau}$ où $\tau$ est la période de l'onde associée
avec toujours le commutateur sur "RÉTROCHRONE" pour transformer un mouvement "passé-futur" en mouvement "futur-passé"
ça a l'air tout simple
POINCARÉ
orthochrone
rétrochrone
$x=ct$
$t$
φ
$E=\frac{h}{\tau}$
les photons qui cheminent "à rebrousse-temps" ont des énergies négatives
$\bar{E} = \frac{h}{\bar{\tau}} < 0$ puisque $\bar{\tau} < 0$
$t$
$x$
φ
$\bar{E} = \frac{h}{\bar{\tau}}$

tes yeux et tes instruments de mesure ne sont pas équipés pour capter les photons à énergie négative qui sont émis et captés par les particules dotées d'une masse $\overline{m}$ négative

alors nous ne pouvons ni voir, ni observer ces masses négatives

tout à fait

et vis à vis de la gravitation ?



tu appliques:

$$F = \frac{G m m'}{d^2}$$

$m$ et $m$ s'attirent mutuellement selon **NEWTON**

$\overline{m}$ et $\overline{m}$ s'attirent mutuellement selon **NEWTON**

$m$ et $\overline{m}$ se repoussent mutuellement selon **ANTI-NEWTON**

si j'arrivais à conserver une masse négative dans une boite alors, repoussée par la Terre elle ferait s'envoler cette boite



elle passerait au travers et effectivement s'envolerait

elle ... s'annihilerait avec les particules de masse positive qui constituent la boite, non ?



# LE PASSE MURAILLE

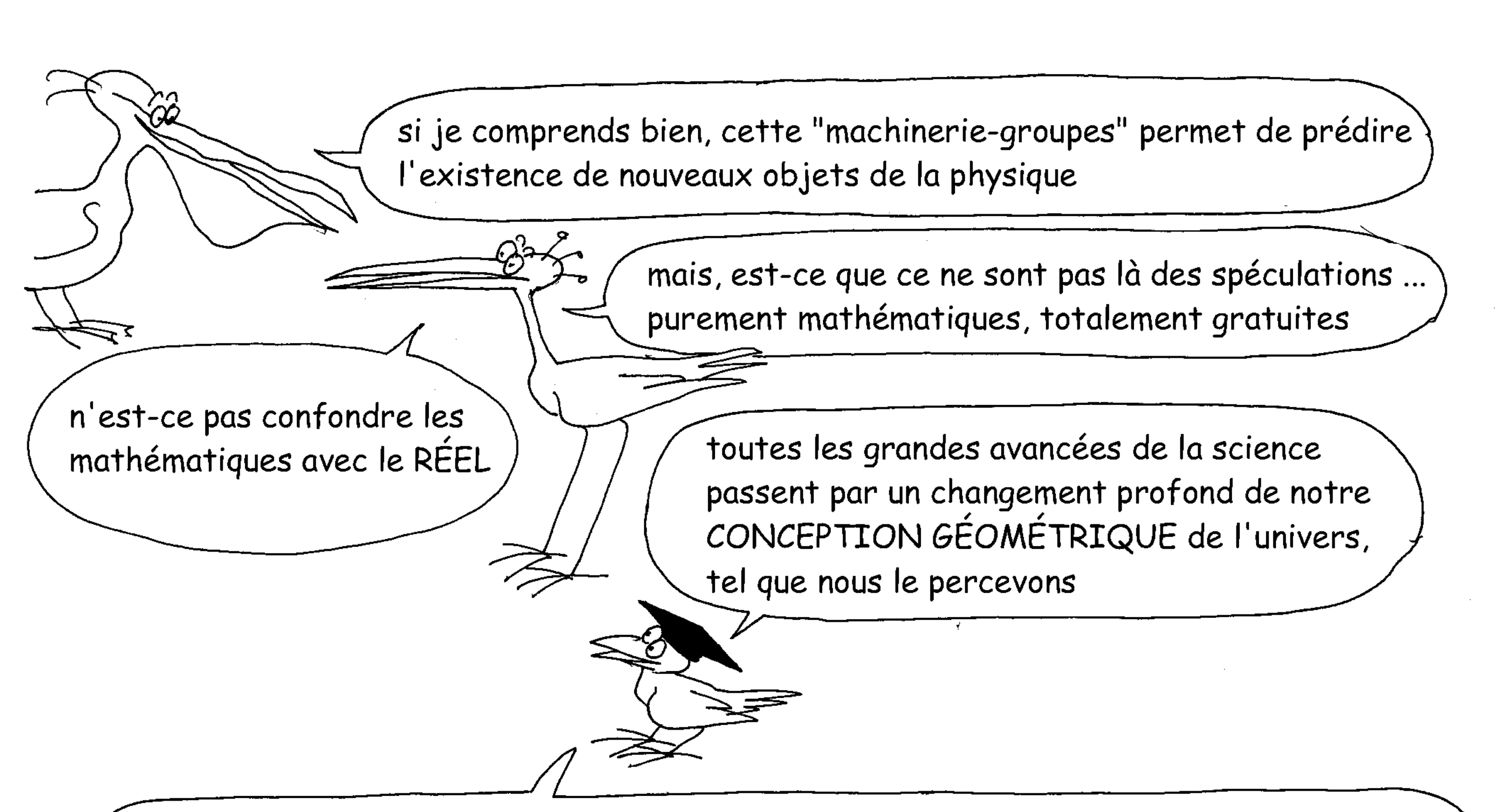
La matière, aux densités ordinaires est faite de minuscules atomes, séparés par beaucoup de vide. Et tout cela ne tient ensemble que grâce à des FORCES ÉLECTROMAGNÉTIQUES ces mêmes forces qui empêchent votre postérieur de passer au travers de la chaise sur laquelle vous êtes assis pendant que vous lisez ce livre; et cela, bien que celui-ci, comme votre séant soit faite également de minuscules atomes, séparés par beaucoup de vide. Si on supprimait d'un coup ces forces électromagnétiques, qui se négocient par le jeu d'échanges de photons(*), dotés d'une énergie positive, vous passeriez immédiatement au travers de votre siège, puis du plancher et vous tomberiez en chute libre vers le centre de la Terre, n'étant plus sensible qu'à la FORCE DE GRAVITÉ.

Les masses négatives peuvent se lier entre elles, interagir grâce à une force électro-magnétique se traduisant par des échanges de photons(*) D'ÉNERGIE NÉGATIVE.

Un ensemble de masses négatives ne peut interagir avec notre propre matière qu'à travers la FORCE DE GRAVITÉ. Comme ces deux types de matières se repoussent, toute structure constitué par des masses négative subirait de la part de la Terre un effet ANTIGRAVITATIONNEL. Par ailleurs cette structure serait capable de traverser n'importe quelle barrière de matière. Elle serait invisible à nos yeux, indétectable par nos instruments de mesure et d'observation. La réciproque serait également vraie - les passagers d'une nef constitués de masses négatives pourraient traverser la Terre sans la voir.

*La Direction*

(*) qu'on qualifie de VIRTUELS dans la THÉORIE QUANTIQUE DES CHAMPS


si je comprends bien, cette "machinerie-groupes" permet de prédire l'existence de nouveaux objets de la physique
mais, est-ce que ce ne sont pas là des spéculations ... purement mathématiques, totalement gratuites
n'est-ce pas confondre les mathématiques avec le RÉEL
toutes les grandes avancées de la science passent par un changement profond de notre CONCEPTION GÉOMÉTRIQUE de l'univers, tel que nous le percevons
l'émergence de la RELATIVITÉ RESTREINTE et de la RELATIVITÉ GÉNÉRALE n'ont rien été d'autre que des modifications profondes PARADIGMATIQUES de notre conception de la GÉOMÉTRIE DE L'UNIVERS. Or quand on considère un contexte géométrique, la question centrale devient la façon dont les MOUVEMENTS s'inscrivent dans ce nouvel espace

La relativité restreinte a fondu l'espace et le temps en un même objet: une HYPERSURFACE 4d, UN ESPACE-TEMPS où les mouvements s'inscrivaient désormais selon des GÉODÉSIQUES de celle-ci. La Relativité Générale a rajouté la COURBURE. La THÉORIE DES GROUPES recense les différents types de MOUVEMENTS qui peuvent être inscrits sur une hypersurface donnée et la PHYSIQUE MATHÉMATIQUE identifie ces mouvements à des objets de cet univers, selon le principe:

DIS-MOI QUEL EST TON MOUVEMENT
JE TE DIRAI QUOI TU ES

Ainsi, dans une contexte géométrique donné, quand on identifie un nouveau type de mouvement possible, grâce à L'OUTIL-GROUPE cela suggère l'existence de nouveaux OBJETS, dérivant de ces mouvements

mais, de grâce, donnez-moi un exemple concret, sinon ces discours ressembleront à ceux des gens des SUPERCORDES

BLA BLA...

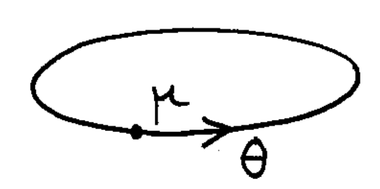


À la différence que ceux-là n'ont ni contexte géométrique, ni groupe, ni mouvements, ni objets.
En résumé ils ne savent même pas de QUOI ils parlent.

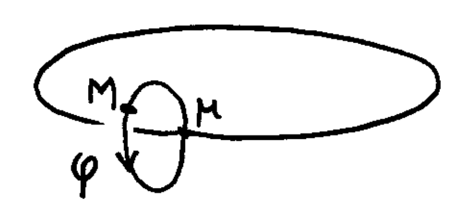
# UNE CINQUIÈME DIMENSION

En ajoutant une dimension supplémentaire on enrichit le contexte géométrique. Prenons un univers unidimensionnel FERMÉ représenté par un simple cercle



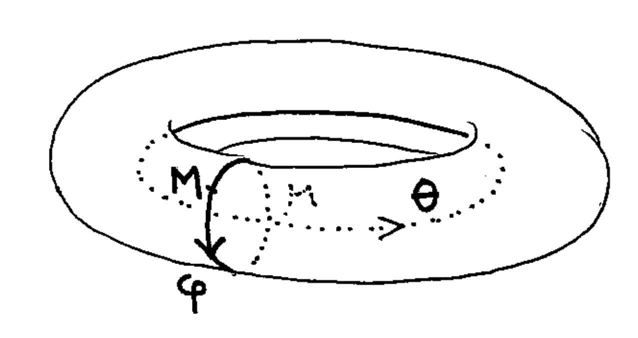



en tout point de ce cercle, rajoutons une dimension supplémentaire, également fermée On l'appellera FIBRE

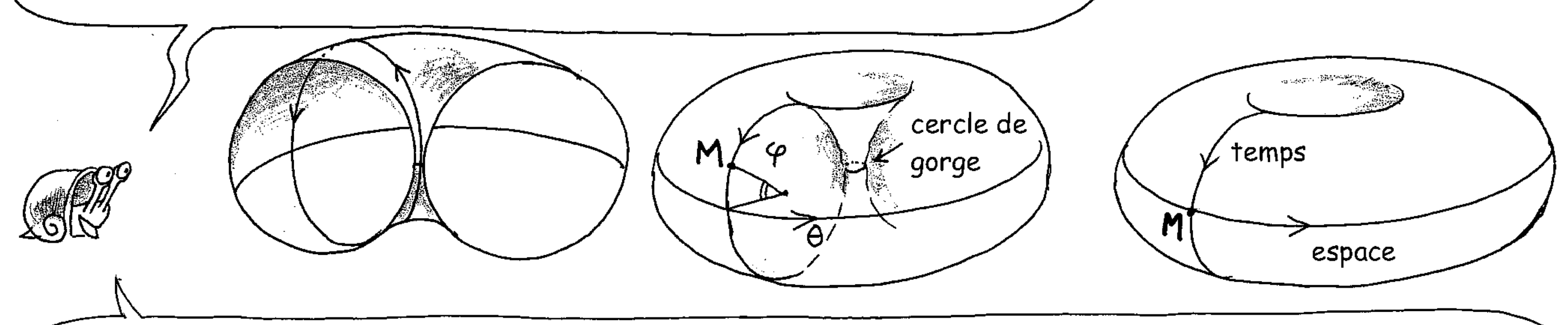



l'objet obtenu, à deux dimensions devient un TORE T2

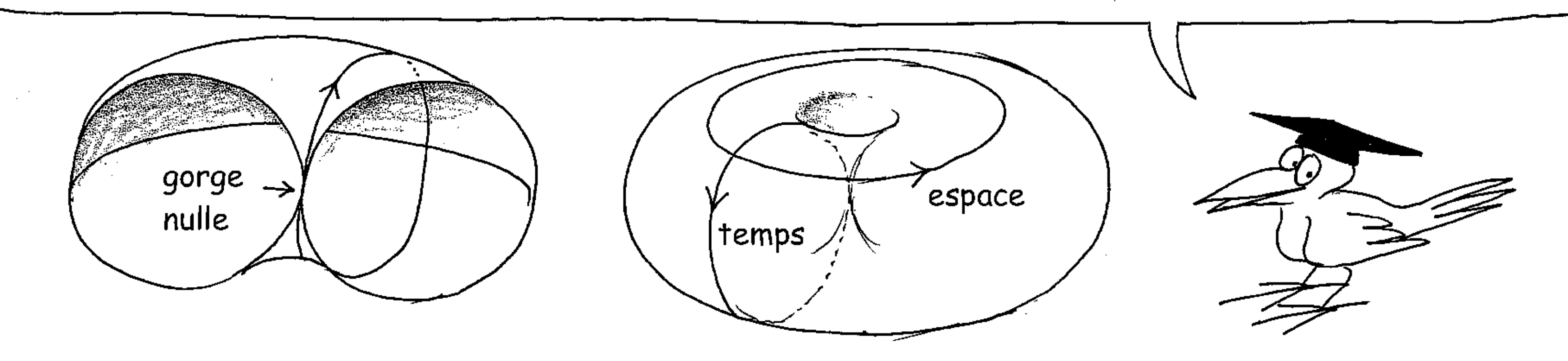




Que savons-nous de la TOPOLOGIE (*) de l'espace où nous vivons ? Nous ne savons même pas s'il est infini ou refermé sur lui-même. On peut imaginer par exemple un espace temps 2d qui ait la topologie d'un TORE T2



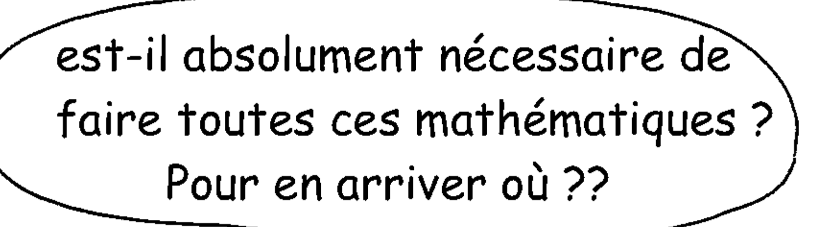

en chaque point d'un cercle, représentant le temps (φ) on fixe un autre cercle (θ) censé figurer un espace fermé(*). Le cercle de gorge est censé représenter un BIG BANG et un BIG CRUNCH réunis, sans "singularité initiale". Au cas où on tient absolument à avoir une singularité on peut considérer un TORE À GORGE NULLE




(*) on peut indifféremment fixer un "cercle temps" en chaque point d'un "cercle espace"

En chaque point de mon espace-temps 2d je peux monter un nouveau cercle et réaliser un TORE T3. On passe ainsi d'un espace 2d à un espace 3d, en opérant une FIBRATION(*). Une image d'une telle transformation d'un espace 2d en espace 3d est le paillasson. En chaque point (x,y) d'un objet plan on monte une FIBRE z L'objet 3d obtenu s'appelle un FIBRÉ(*). Il faut imaginer un monde où les fibres du paillasson se refermeraient sur elles-mêmes (ce qui rendrait ce paillasson inutilisable).

Bref, nous pouvons imaginer que notre espace à quatre dimensions, une de temps et trois d'espace soit un TORE T4. Nous pouvons rééditer l'opération et faire "pousser une nouvelle fibre en chaque point", qui se referme sur elle-même. Nous obtiendrons un TORE T5. Et c'est dans ce nouvel espace à 5 dimensions que s'inscriront les MOUVEMENTS de nos POINTS MATÉRIELS RELATIVISTES.

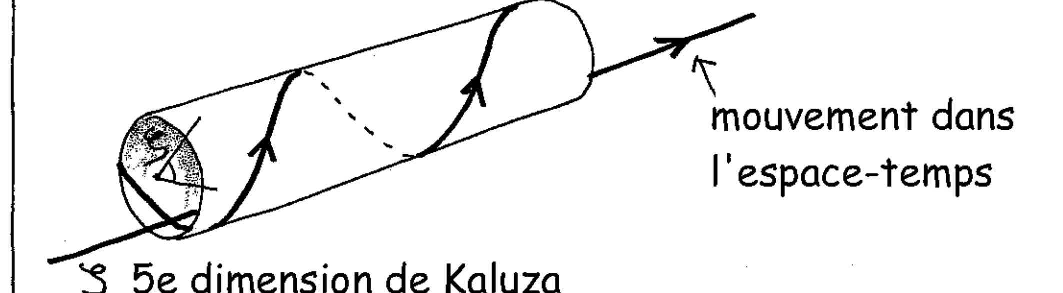


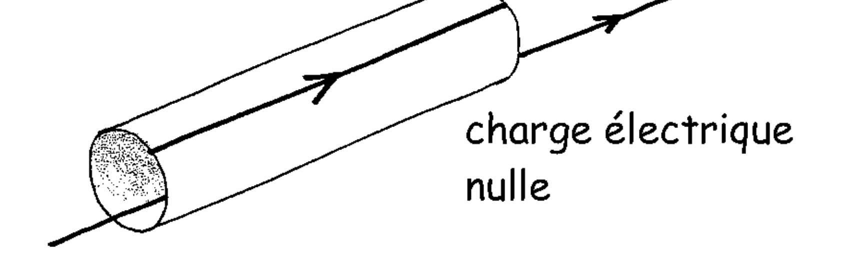

(*) BUNDLE en anglais

# L'ESPACE DE KALUZA

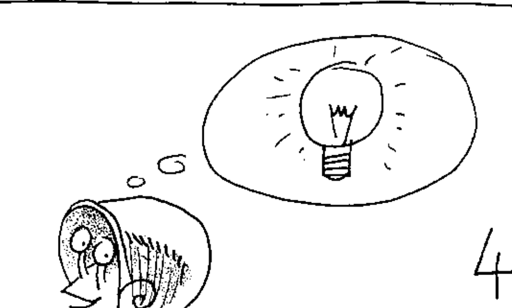
On vous avait dit que la PHYSIQUE c'était de la GÉOMÉTRIE. Eh bien, inscrire le mouvement d'une particule dans une hypersurface à cinq dimensions est équivalent au fait de considérer que le point matériel relativiste soit doté d'une CHARGE ÉLECTRIQUE **e**. Et le fait que cette cinquième dimension, dite "de Kaluza" soit fermée sur elle-même entraîne que cette charge électrique ne peut prendre que des valeurs entières (QUANTIFICATION GÉOMÉTRIQUE). On peut rétrécir les dimensions d'espace à un simple point. Alors le mouvement du point matériel relativiste électriquement chargé correspondra à une courbe spirale :

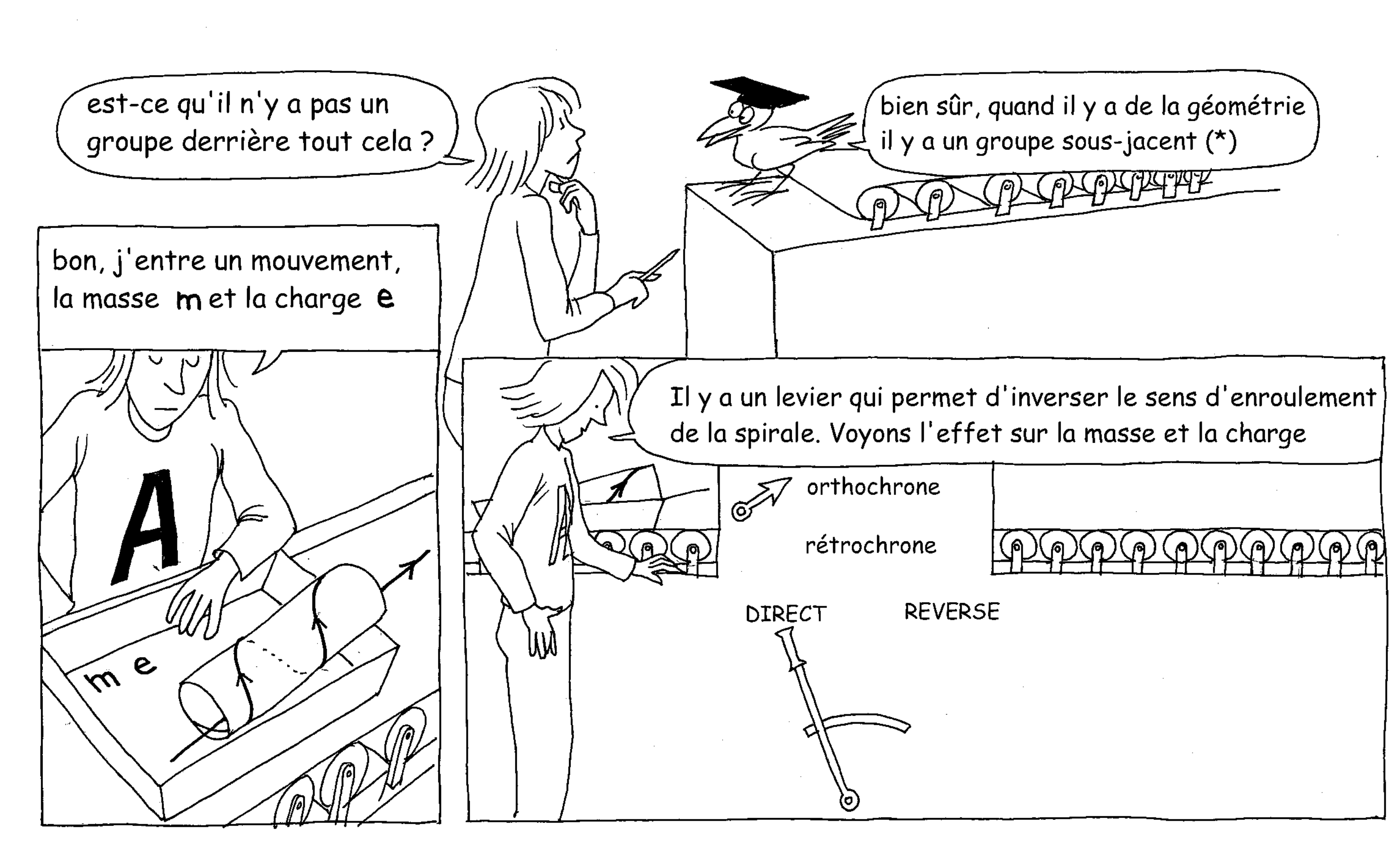
*La Direction*



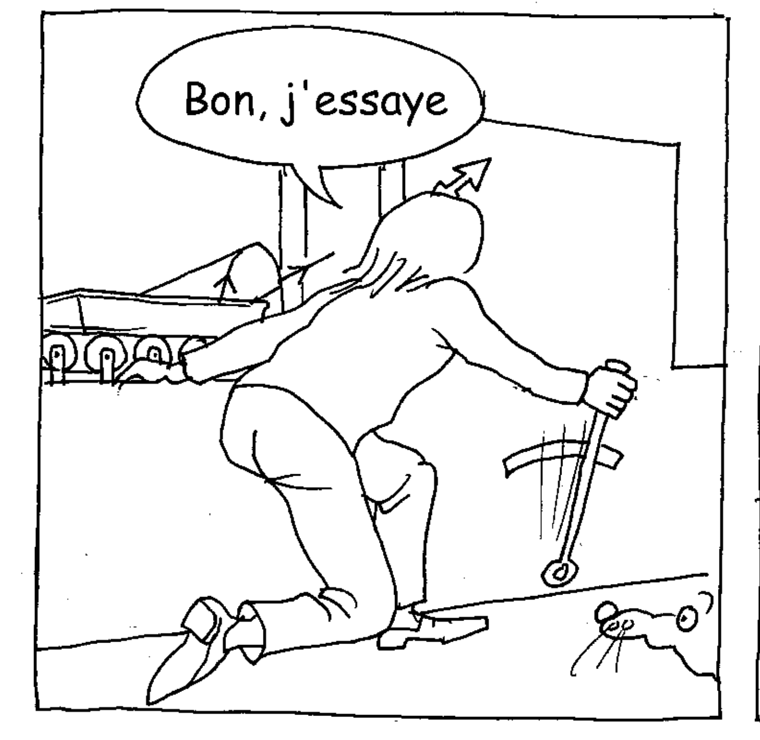




ouah! Je comprends! Le sens de l'enroulement de la courbe spirale correspondra au signe de la CHARGE ÉLECTRIQUE





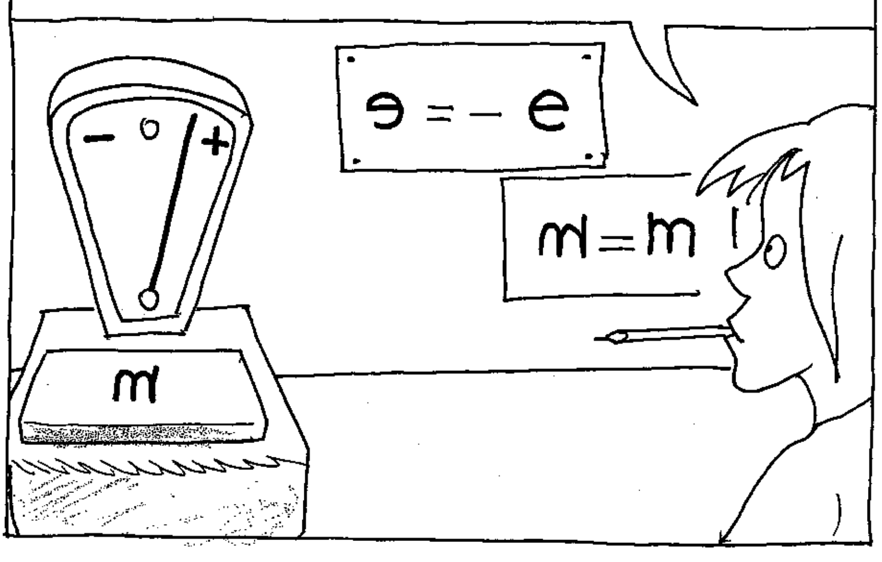

(*) Le "groupe de Poincaré étendu" voir Annexe 4



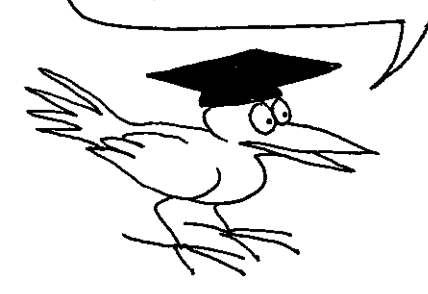


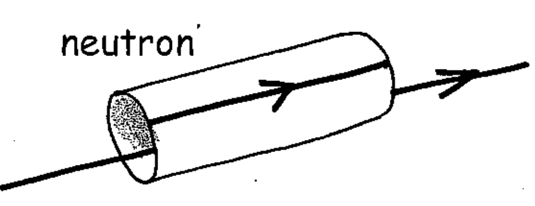


la masse est inchangée, mais la charge électrique est inversée




cette inversion de la charge électrique évoque immédiatement la transformation matière -> antimatière. Mais selon ce modèle schématique le neutron, dont la charge électrique est nulle serait sa propre antiparticule, ce qui n'est pas vrai. En fait les particules possèdent, sur leur "carte d'identité" un certain nombre de "charges quantiques" (hadronique, leptonique, etc...) la charge électrique e n'étant qu'une de ces charges parmi toutes les autres. La transformation d'une particule de matière en son antiparticule consiste à inverser toutes ses charges quantiques(*), dont sa charge électrique si celle-ci n'est pas zéro. Ce qu'il faut retenir c'est que si les charges changent. la masse ne bouge pas.








(*)Conjugaison de charge ou C-SYMÉTRIE

Bref, l'antimatière a une masse positive

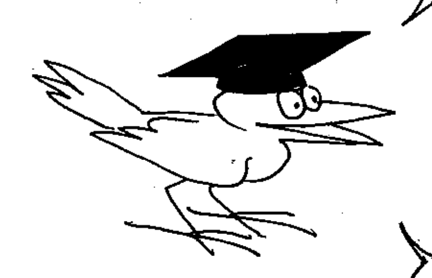


pourquoi ne pas rajouter des dimensions supplémentaires pour faire apparaître toutes ces facettes des particules ?

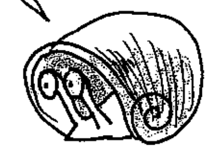
plus facile à dire qu'à faire, les gens des supercordes en savent quelque chose. Il n'y a qu'avec la 5e dimension, l'électromagnétisme et la charge électrique que ça a bien marché. Mais comme la cinquième dimension s'inverse automatiquement dès qu'on procède à une *C*-symétrie, on peut la retenir comme une image géométrique commode de cette symétrie matière-antimatière.

alors, toutes les particules possèdent leur antiparticule, puisque même quand leur charge électrique est nulle il leur reste d'autres CHARGES QUANTIQUES que la *C*-symétrie peut inverser

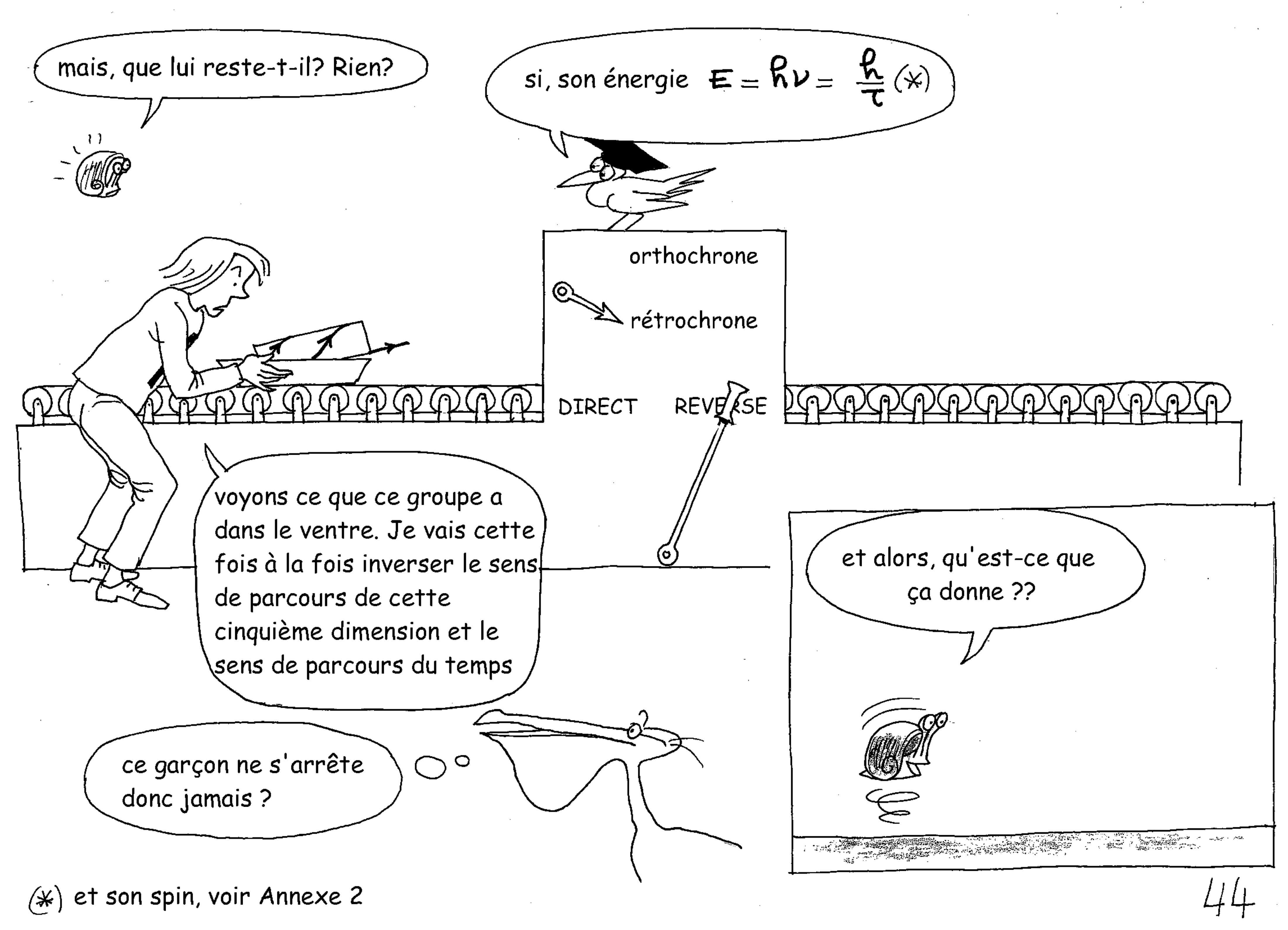
l'exception c'est le PHOTON



pourquoi ?



parce que toutes ses charges quantiques sont nulles




(*) et son spin, voir Annexe 2

charge électrique $\bar{e}$ inversée et masse $\bar{m}$ inversée. Cela veut dire que j'obtiens de l'antimatière à masse et énergies négatives. Autrement dit la symétrie matière-antimatière existe aussi dans ce monde des masses négatives. Mais en dehors du fait que les masses et les énergies soient inversées, cette autre matière, ça peut ressembler à quoi au juste ?

Conclusion: LA DUALITÉ MATIÈRE-ANTIMATIÈRE se retrouve également dans CE MONDE DES ÉNERGIES NÉGATIVES où une particule de masse négative pourra "s'annihiler" avec son antiparticule, également de masse négative, en donnant des photons $\bar{\varphi}$ d'énergie négative.

OK, OK, nous nageons en pleine fiction. J'accepte. Mais, ces particules à énergie négative, elles ressemblent à quoi ?

On trouve des protons $\bar{p}$, des électrons $\bar{e}$, des neutrons $\bar{n}$, des neutrinos $\bar{\nu}$, etc, tous dotés d'une énergie négative




Hé, là-bas stop!
bon, maintenant qu'allons-nous faire de tout cela ?
ça, je vous le demande
Zut! des physiciens théoriciens...
vous devez passer le contrôle de l'ÉPISTÉMOTERRORISME. Mettez votre valise sur le tapis roulant. Transportez vous des marchandises prohibées ? dangereuses ?
46

pas de particules à énergie négative ?

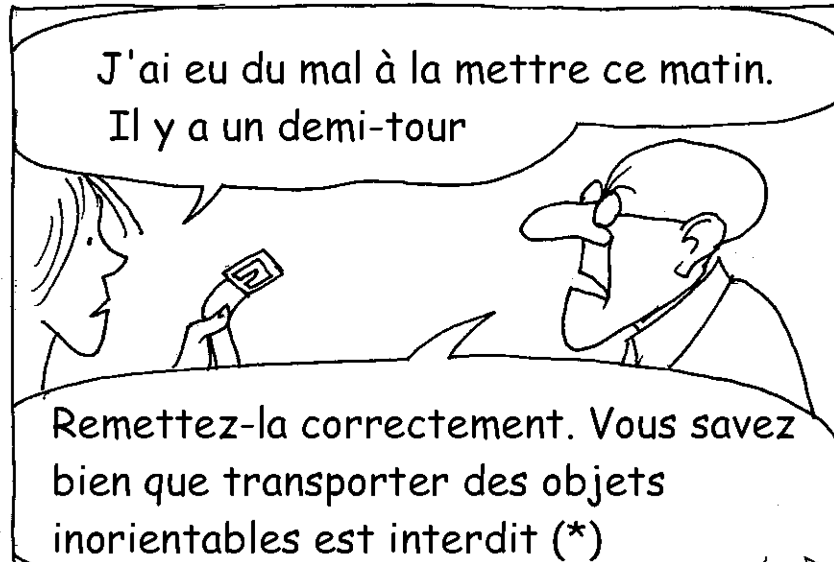


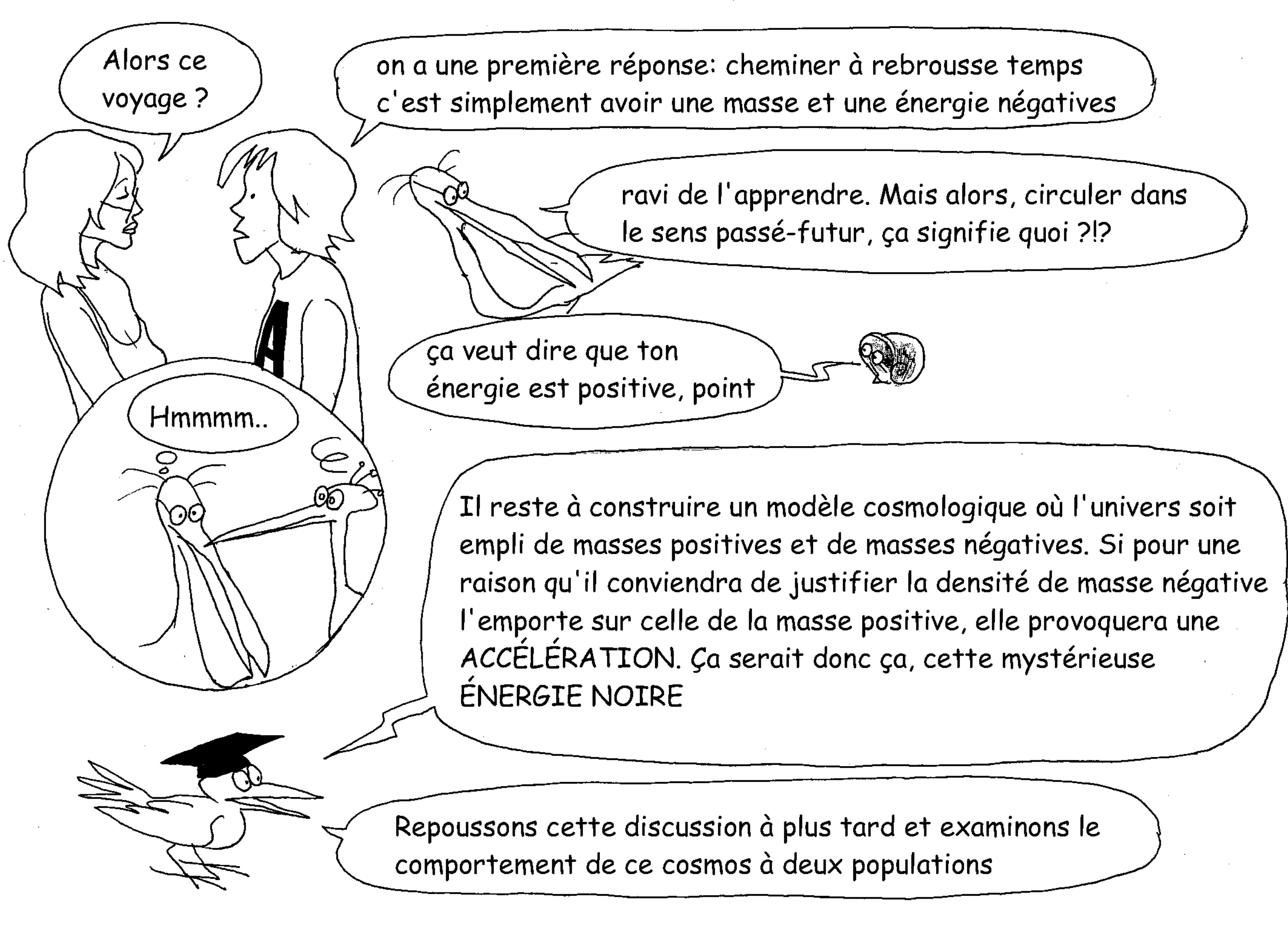

!!!!

Stop!

ça a l'air d'être votre ceinture

(*) Single Sided objects

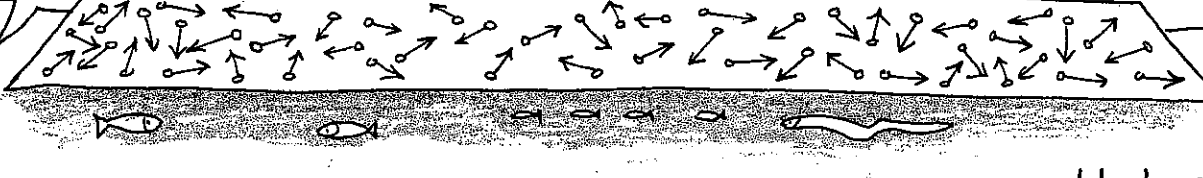


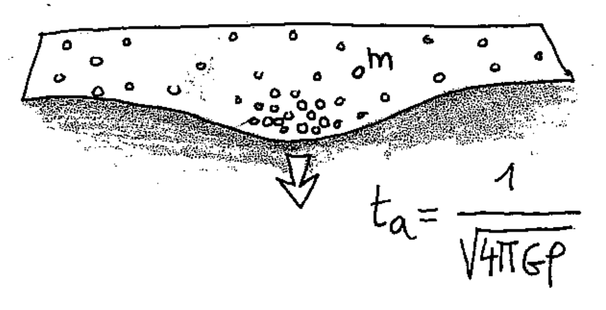


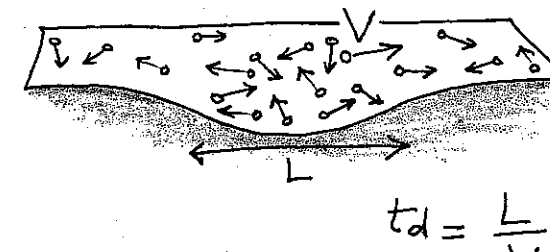

(*) L'existence de masses et d'énergies négatives "Structure des Systèmes dynamiques" 1972, téléchargeable sur www.jmsouriau.com plus précisément page 198, équation 14.67

# LA STRUCTURE A GRANDE ÉCHELLE : EXPLIQUÉE

Dans l'album MILLE MILLIARDS DE SOLEILS (1986) on avait présenté un phénomène fondamental en astrophysique: L'INSTABILITÉ GRAVITATIONNELLE ou INSTABILITÉ DE JEANS (page 12 à 23) Nous allons reprendre l'idée, en modifiant un peu le modèle. La matière sera figuré par des billes de plomb dispersées sur un vaste tapis de caoutchouc, souples, recouvrant une étendue d'eau. Ces billes de plomb se déplacent librement sur cette surface avec une vitesse aléatoire figurant la VITESSE D'AGITATION THERMIQUE(*) de ce milieu 2d.





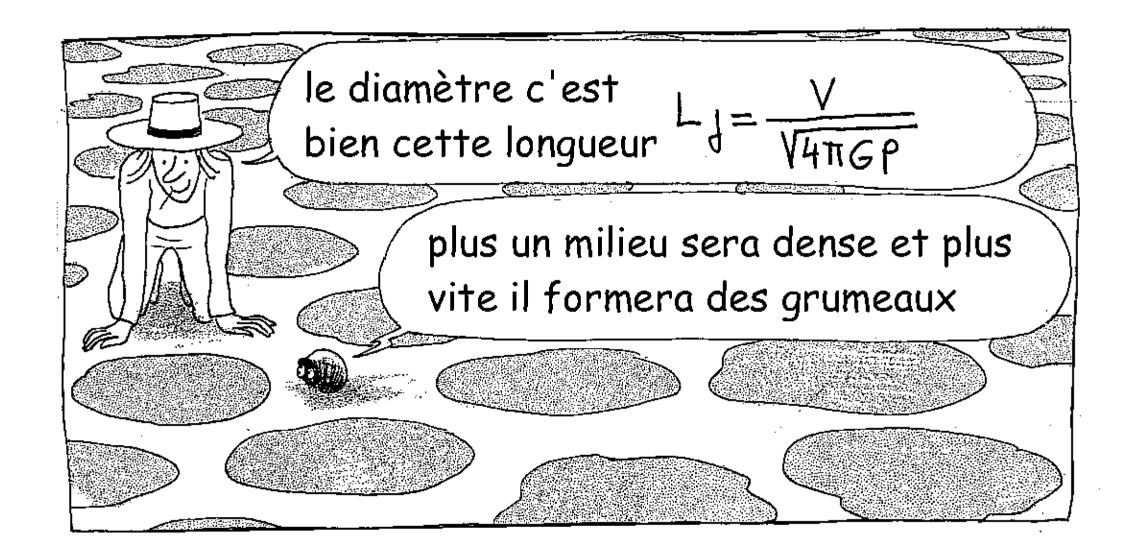




quand le hasard crée un rassemblement, une surdensité locale de matière, celle-ci attire la matière environnante (phénomène d'ACCRÉTION). Le temps caractéristiques $t_a$ de croissance de cette perturbation est en $\frac{1}{\sqrt{\rho}}$ où ρ est la densité.

Inversement ce "grumeau" tendra à se disperser en un temps $t_d = \frac{L}{V}$

(*) la TEMPÉRATURE ABSOLUE est définie par $\frac{3}{2}kT = \frac{1}{2}mV^2$ où $k$ est la Constante de Boltzman ($1.38\,10^{-23}$ MKSA)

Les grumeaux qui apparaîtront seront ceux dont le diamètre vaudra la distance de Jeans(*) qui, statistiquement, auront plus de chance d'apparaître que des grumeaux plus grands

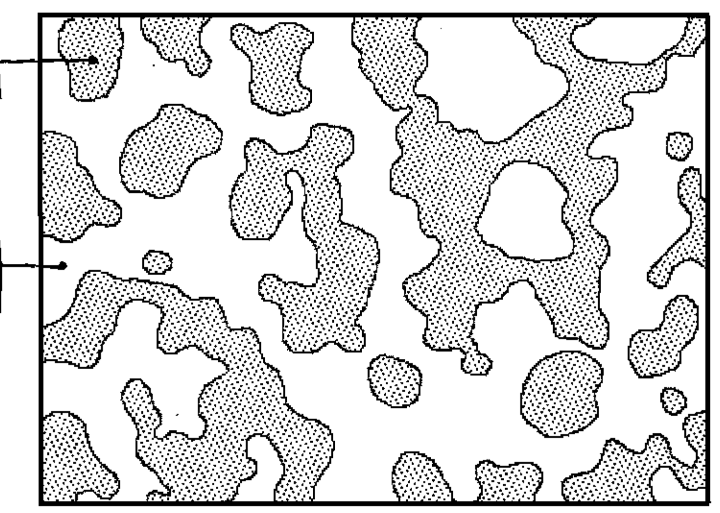



comme les masses négatives s'attirent mutuellement, elles vont également former leurs propres "grumeaux". Si on part d'un milieu où les masses positives et les masses négatives auraient les mêmes densités et les mêmes vitesses d'agitation thermique, elles se partageraient simplement l'espace disponible, puisqu'elles se repoussent mutuellement

comme des gens qui ne peuvent pas se supporter

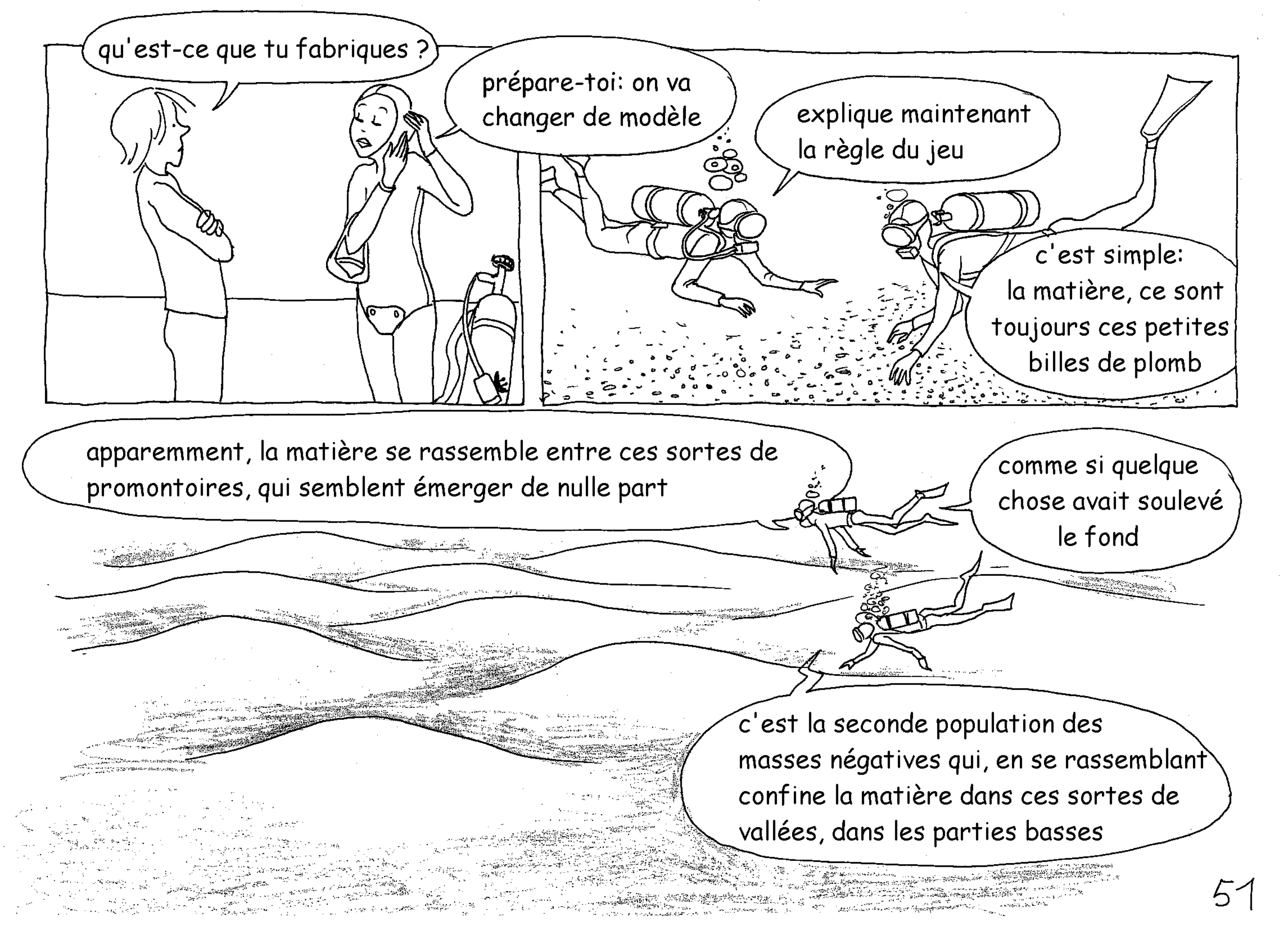
matière à masse positive

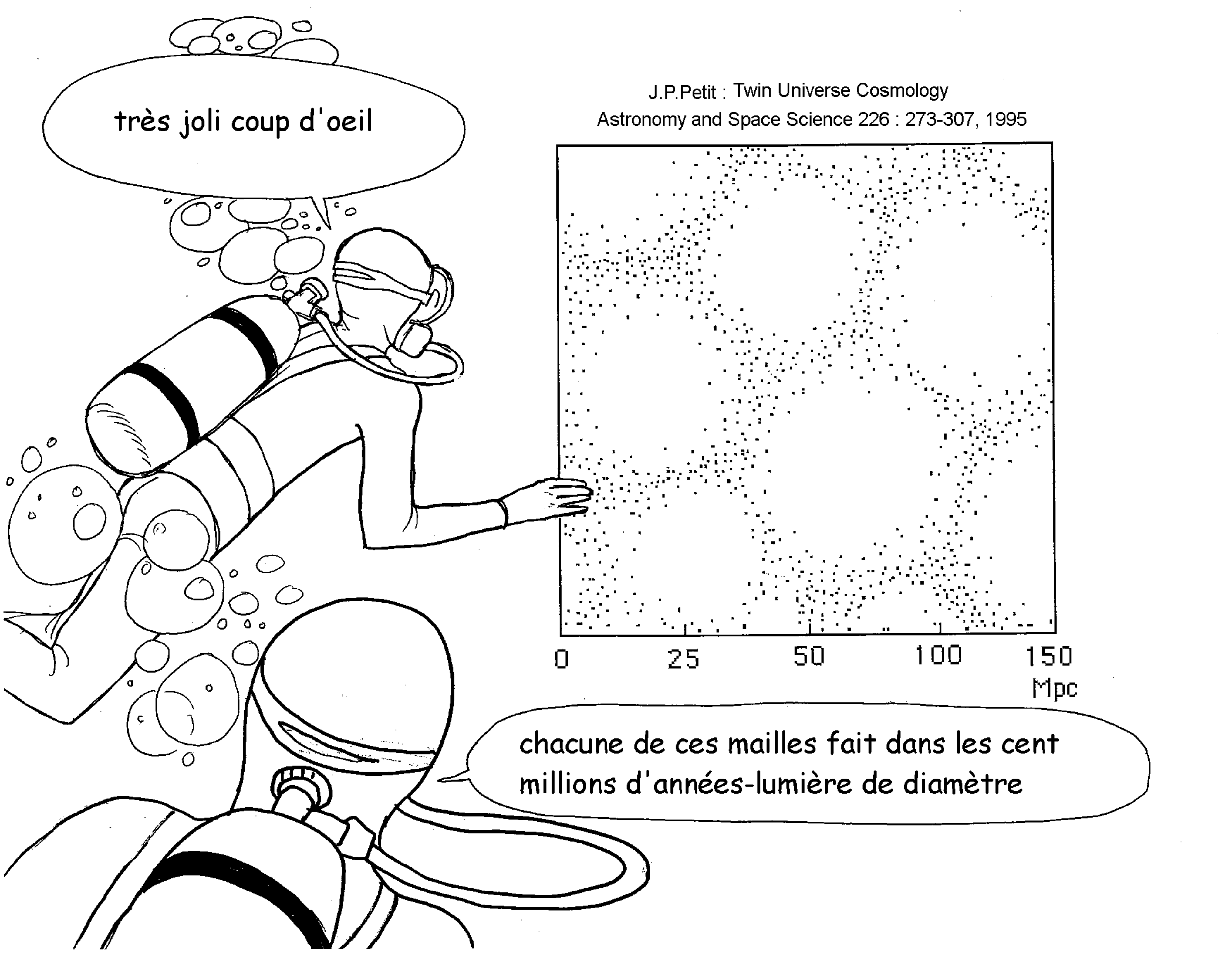
matière à masse négative

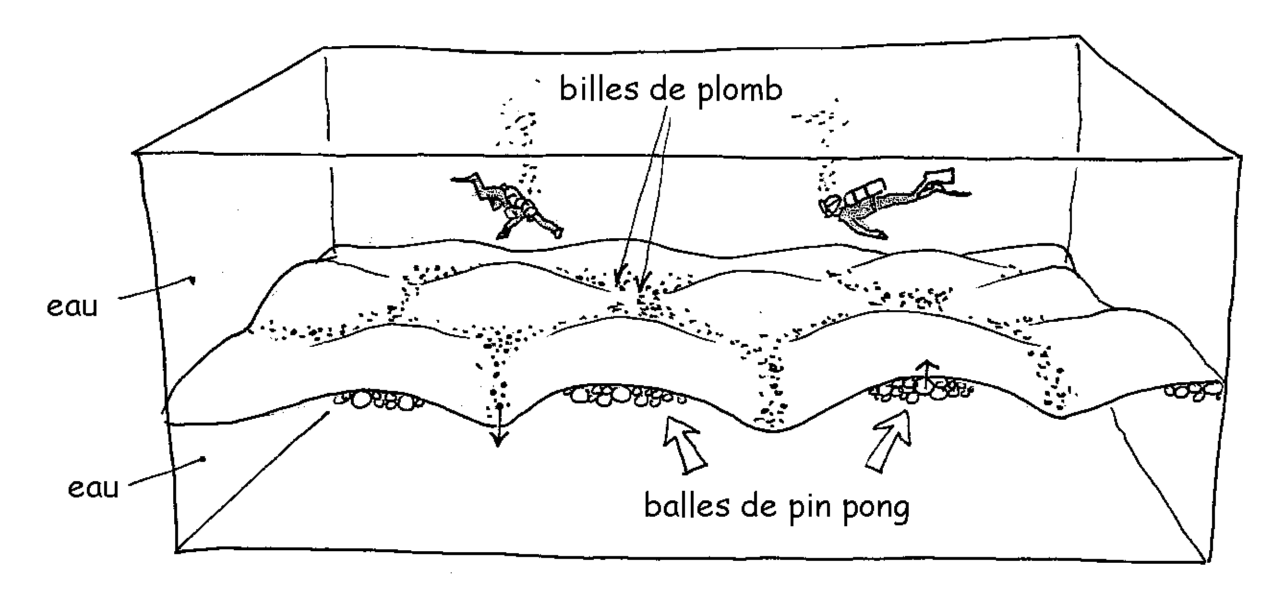


J.P.Petit : The missing mass problem.
Il Nuovo Cimento B Vol. 109 July 1994, pp. 697-710

(*) Sir James Jeans, astronome Anglais (1877-1946)

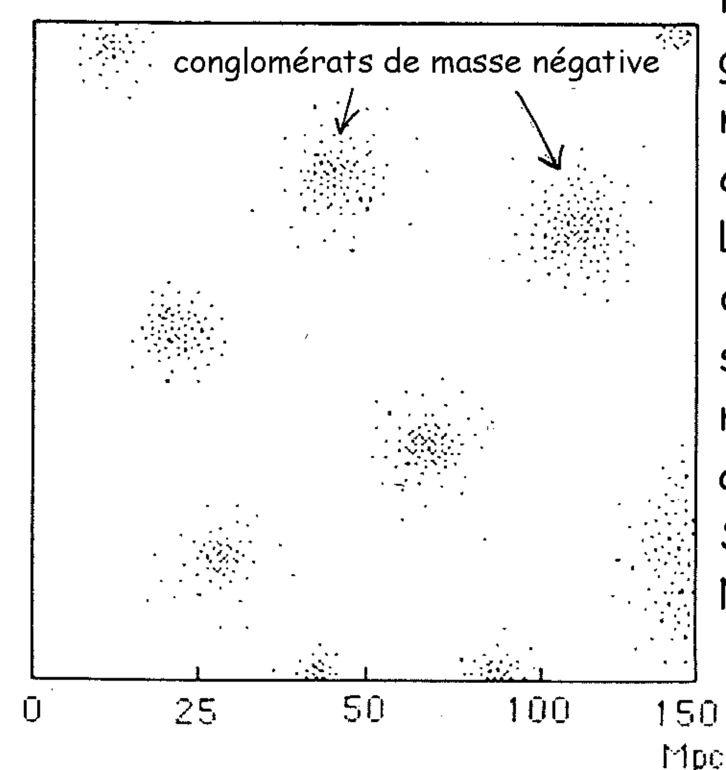

qu'est-ce que tu fabriques ?
prépare-toi: on va changer de modèle
explique maintenant la règle du jeu
c'est simple: la matière, ce sont toujours ces petites billes de plomb
apparemment, la matière se rassemble entre ces sortes de promontoires, qui semblent émerger de nulle part
comme si quelque chose avait soulevé le fond
c'est la seconde population des masses négatives qui, en se rassemblant confine la matière dans ces sortes de vallées, dans les parties basses


très joli coup d'oeil
J.P.Petit : Twin Universe Cosmology
Astronomy and Space Science 226 : 273-307, 1995
0
25
50
100
150
Mpc
chacune de ces mailles fait dans les cent millions d'années-lumière de diamètre

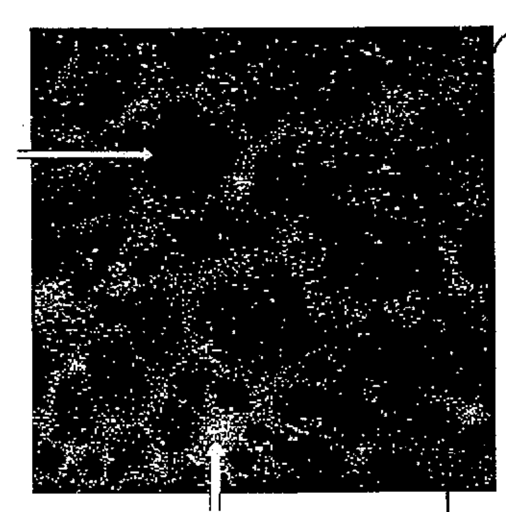



Ce modèle est là pour illustrer ce concept d'INSTABILITÉS GRAVITATIONNELLES CONJOINTES qui affecteraient un mélange de masses positives et de masses négatives au cas où la densité p de masse négative serait plus élevée

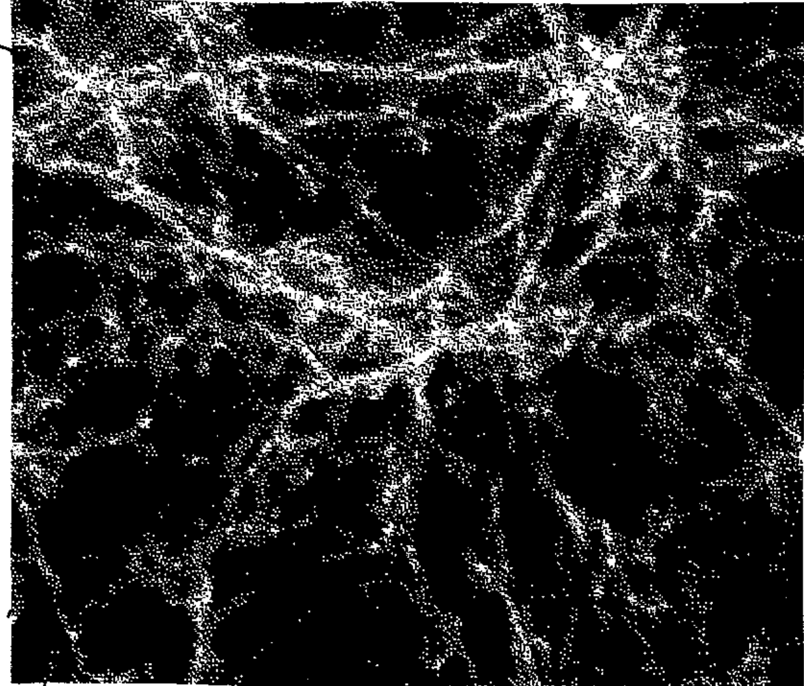
Elle formerait des conglomérats plus rapidement, en imposant sa structure à l'univers à grande échelle. La membrane de caoutchouc évoque leur invisibilité pour un observateur fait de masse positive. En bas, à gauche, voici ce que verrait un observateur constitué de masses négatives, qui ne verrait plus notre propre matière, laquelle, et c'est un fait OBSERVATIONNEL AVÉRÉ, se distribue de manière LACUNAIRE, à la manière de "Bulles de savon jointives", autour de "vides" de cent millions d'années-lumière de diamètre. Des simulations numériques, menées dès 1992 avec un mélange des deux matières ont conduit à des images conformes aux observations, alors que le modèle classique, même en recourant à force MATIÈRE SOMBRE FROIDE donne UNE STRUCTURE FILAMENTEUSE QUI NE COLLE PAS AVEC LES OBSERVATIONS (page suivante)



# LE SURRÉALISME SCIENTIFIQUE



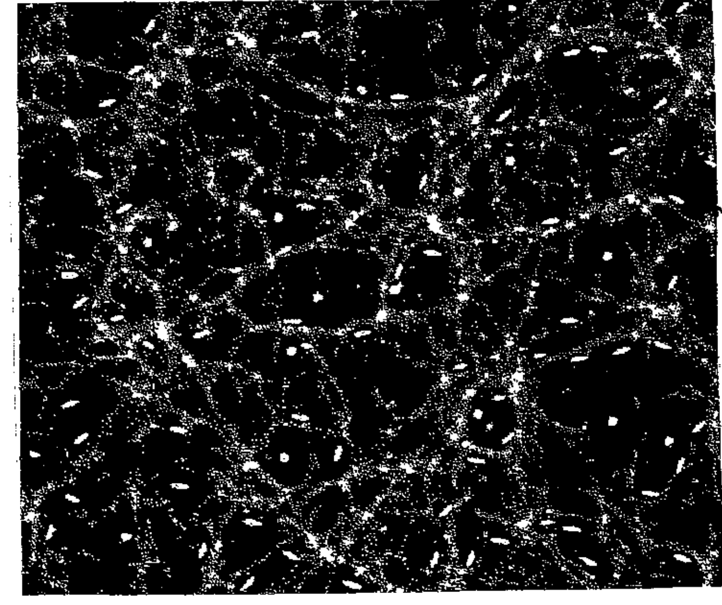

En haut et à gauche la PARTIE VISIBLE de l'univers, dont l'aspect résolument LACUNAIRE se confirme d'année en année. En bas et à gauche LA PARTIE INVISIBLE déduite du décodage des micro-effets de lentille gravitationnelle. En haut et à droite le résultat des simulations à coups de MATIÈRE SOMBRE FROIDE, qui colle avec les secondes "observations" mais pas du tout avec ce que l'on voit.



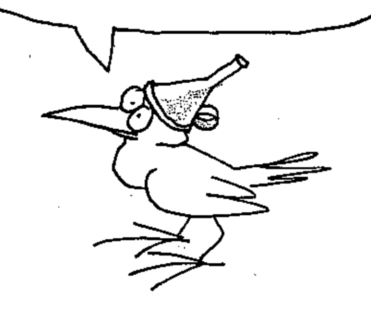
simulation: L'univers âgé de 2 milliards d'années

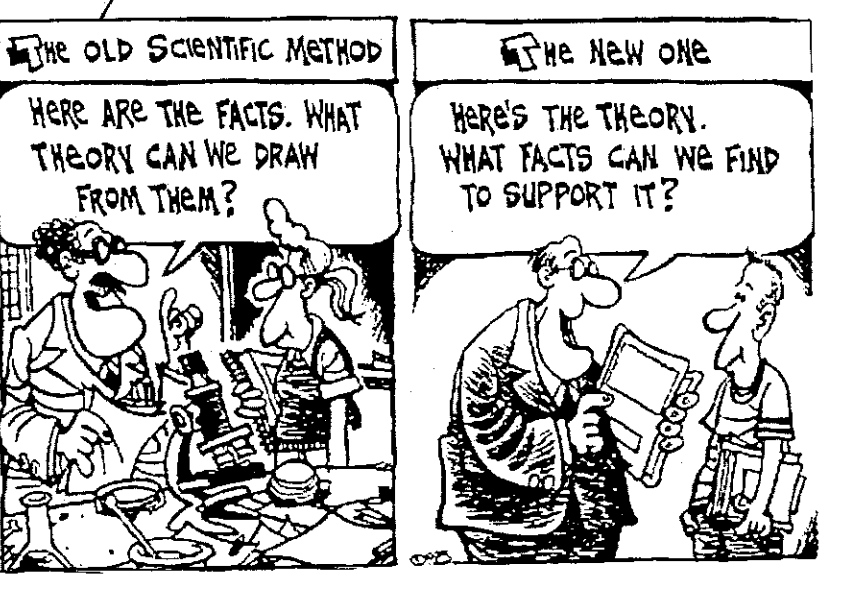
Il ne reste plus qu'à cartographier L'ÉNERGIE NOIRE...





cartographie de la matière sombre






amas
croisement de trois nappes
bulles de savon jointives
vous vous accrochez comme des malades à ces misérable 4% de l'univers qu'on observe. Soyez modernes que diable! Voyez ces fantastiques avancées effectuées par cette NOUVELLE ASTRONOMIE. De toute façon vous n'échappez pas à un FAIT incontournable: les forts effets de lentille gravitationnelle qui vous PROUVENT L'EXISTENCE DE LA MATIÈRE SOMBRE
des bulles de savon jointives!
Ah, je crois que Lanturlu apporte un élément nouveau !

# L'EFFET DE LENTILLE GRAVITATIONNELLE NÉGATIF (*)

quel élément nouveau ?!?
J'ai juste été acheter quelques chips parce que j'avais un petit creux

oui, mais ce sont des NÉGACHIPS

qu'est ce que c'est que cette histoire de ... négachips ?!

ce sont des chips à COURBURE NÉGATIVE

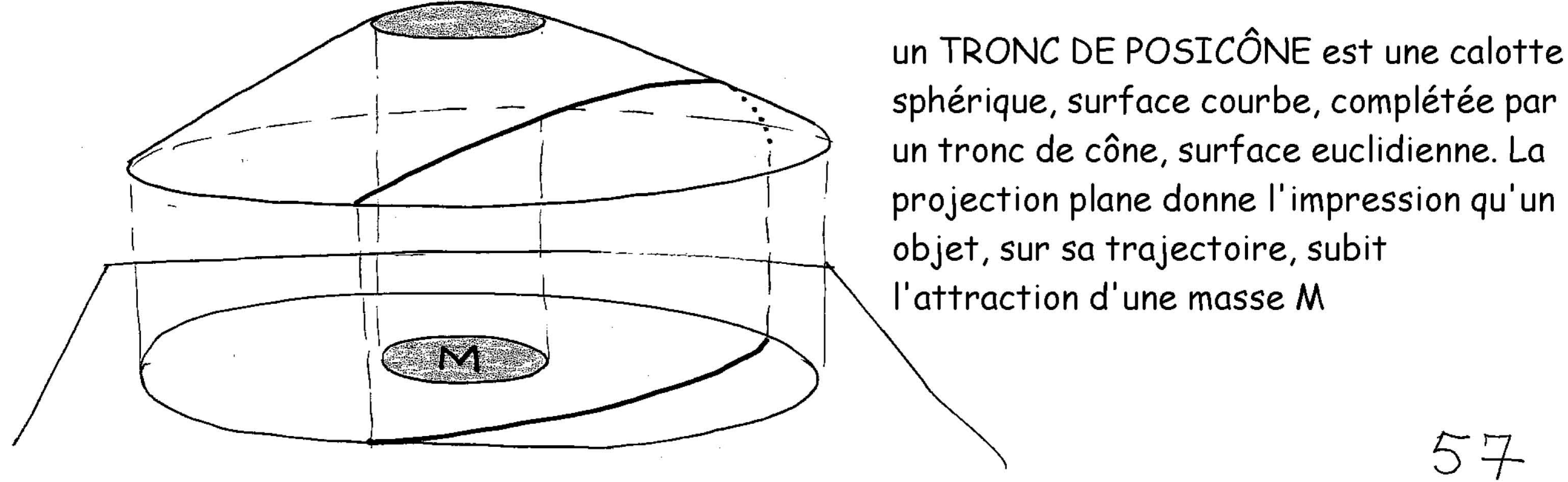


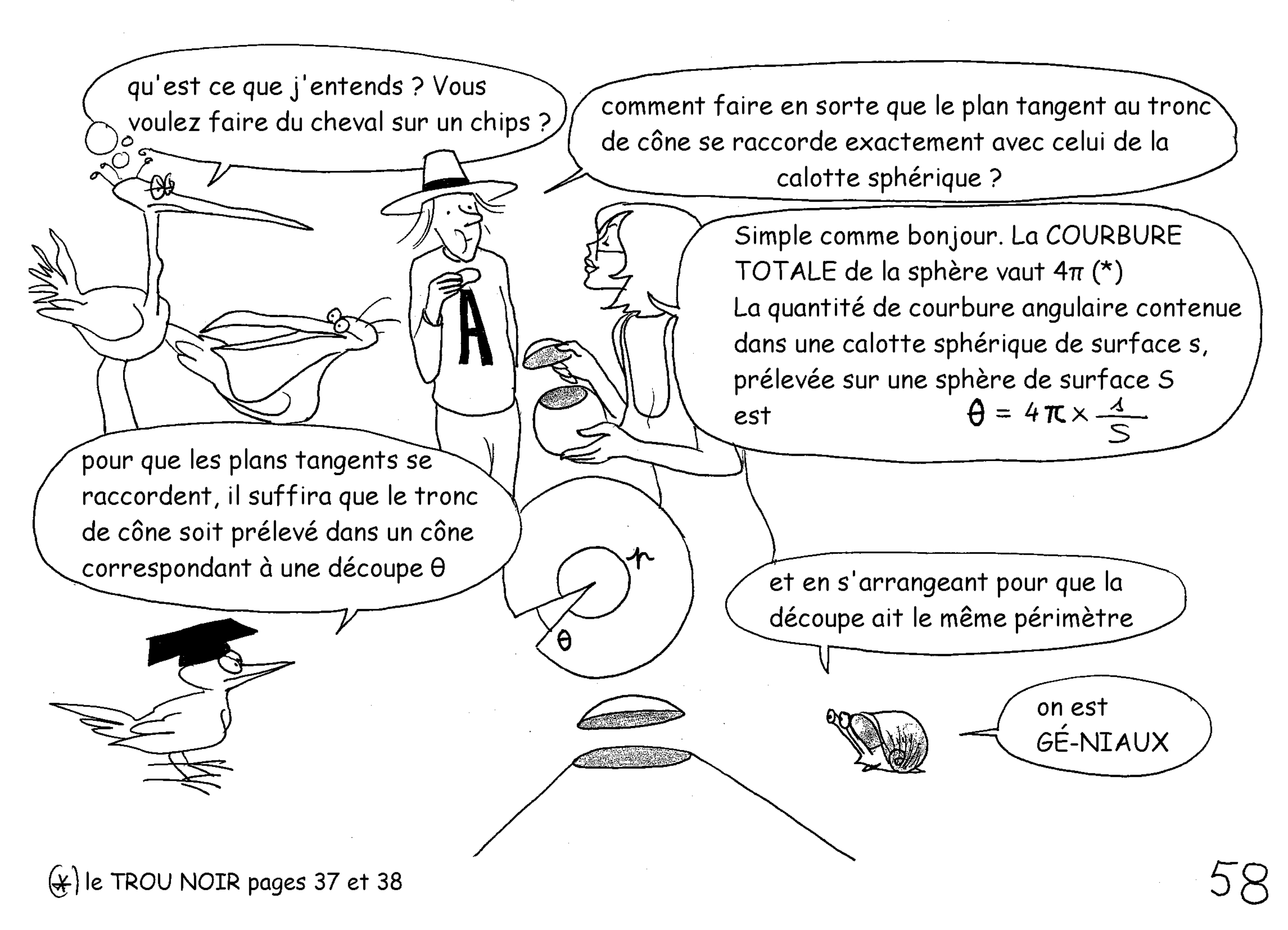
Pour le spécialiste: l'effet de lentille gravitationnel négatif est solution de l'équation d'Einstein, ce à quoi personne n'avait jusqu'ici pensé. Ceci sera évoqué schématiquement dans l'annexe ??? pour les détails, voir :
Jean-Pierre Petit : Twin Universe Cosmology : Astronomy and Space Science 226 : 273-307, 1995 et http://arxiv.org/abs/0801.1477

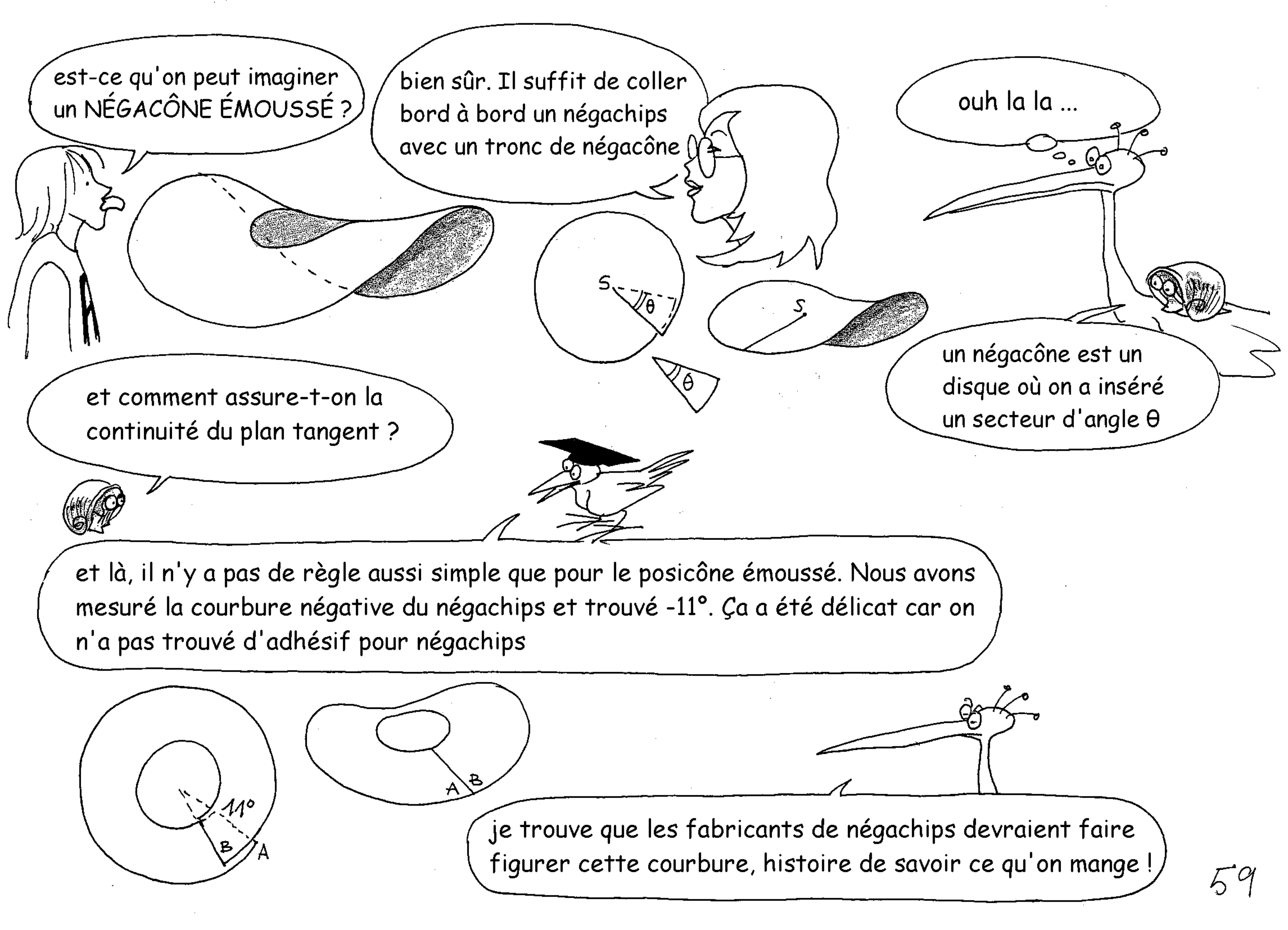
quoi ?!?

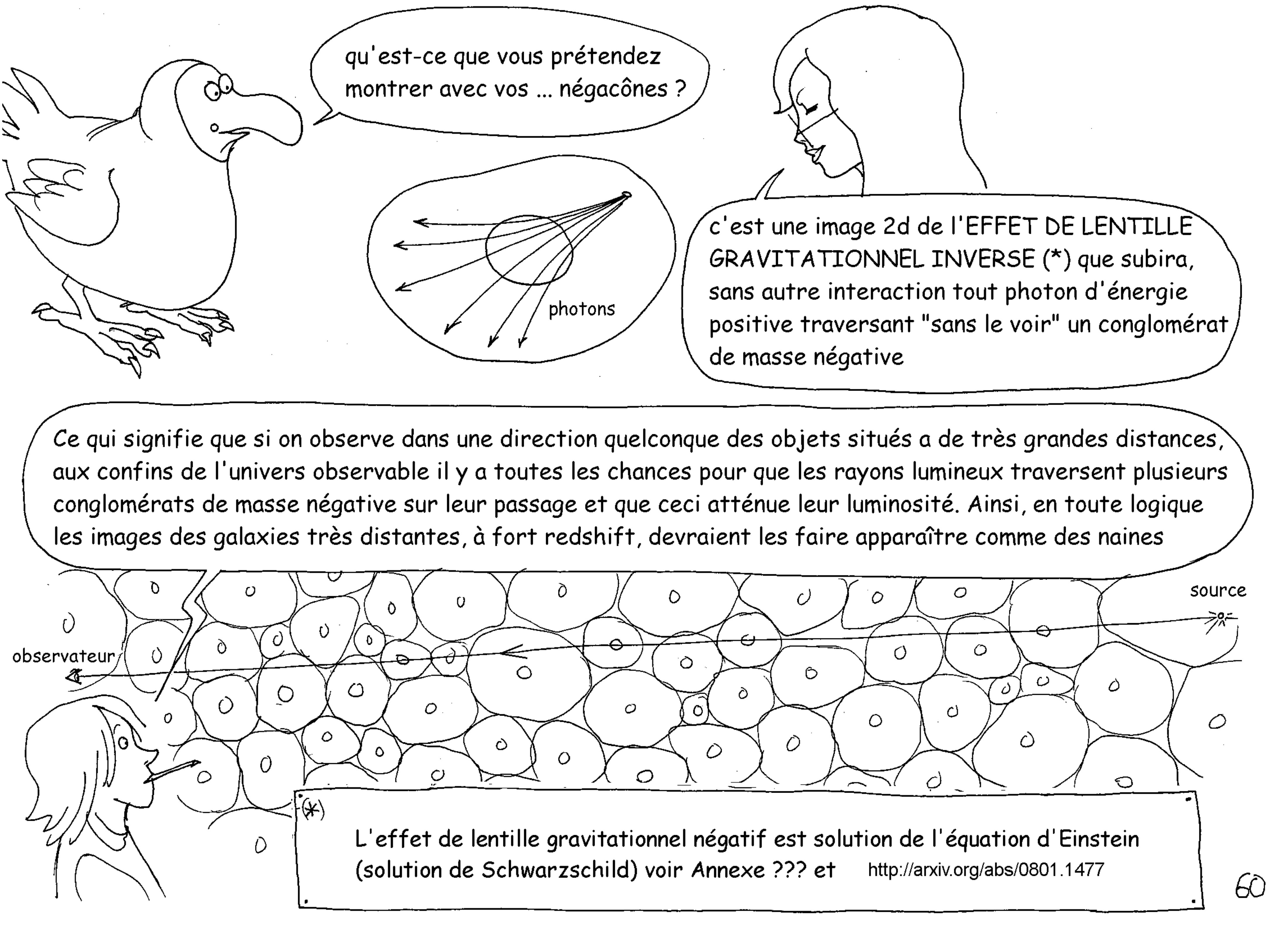
Je pense qu'un industriel a soudain eu l'idée de produire des chips en forme de SELLE DE CHEVAL. Un mathématicien qui se sera reconverti dans l'agro-alimentaire, sans doute

Quand on trace une géodésique sur une surface à courbure négative, sa projection plane évoque une FORCE RÉPULSIVE. Rappelez-vous le coup du POSICÔNE ÉMOUSSÉ




qu'est ce que j'entends ? Vous voulez faire du cheval sur un chips ?
comment faire en sorte que le plan tangent au tronc de cône se raccorde exactement avec celui de la calotte sphérique ?
Simple comme bonjour. La COURBURE TOTALE de la sphère vaut 4π (*) La quantité de courbure angulaire contenue dans une calotte sphérique de surface s, prélevée sur une sphère de surface S est $\theta = 4\pi \times \frac{s}{S}$
pour que les plans tangents se raccordent, il suffira que le tronc de cône soit prélevé dans un cône correspondant à une découpe θ
r
θ
et en s'arrangeant pour que la découpe ait le même périmètre
on est GÉ-NIAUX
A


est-ce qu'on peut imaginer un NÉGACÔNE ÉMOUSSÉ ?
bien sûr. Il suffit de coller bord à bord un négachips avec un tronc de négacône
ouh la la ...
S
θ
S
θ
un négacône est un disque où on a inséré un secteur d'angle θ
et comment assure-t-on la continuité du plan tangent ?
et là, il n'y a pas de règle aussi simple que pour le posicône émoussé. Nous avons mesuré la courbure négative du négachips et trouvé -11°. Ça a été délicat car on n'a pas trouvé d'adhésif pour négachips
11°
B
A
A
B
je trouve que les fabricants de négachips devraient faire figurer cette courbure, histoire de savoir ce qu'on mange !


qu'est-ce que vous prétendez montrer avec vos ... négacônes ?
photons
c'est une image 2d de l'EFFET DE LENTILLE GRAVITATIONNEL INVERSE (*) que subira, sans autre interaction tout photon d'énergie positive traversant "sans le voir" un conglomérat de masse négative
Ce qui signifie que si on observe dans une direction quelconque des objets situés a de très grandes distances, aux confins de l'univers observable il y a toutes les chances pour que les rayons lumineux traversent plusieurs conglomérats de masse négative sur leur passage et que ceci atténue leur luminosité. Ainsi, en toute logique les images des galaxies très distantes, à fort redshift, devraient les faire apparaître comme des naines
source
observateur
(*)
L'effet de lentille gravitationnel négatif est solution de l'équation d'Einstein (solution de Schwarzschild) voir Annexe ??? et http://arxiv.org/abs/0801.1477


alors, monsieur Handshic ?
Eh bien... les premières galaxies qui se forment sont effectivement des ... naines. C'est ce qu'on observe aux forts redshifts. Puis on suppose qu'elles s'assemblent pour constituer des objets plus massifs
c'est la thèse qui est retenue
il me semble que nous progressons, non ?
et ces galaxies, en général comment se forment-elles ?
nous y travaillons chère mademoiselle, nous y travaillons
depuis plus de trois quarts de siècle
61

vous marquez un point, certes, mais n'oubliez-pas, bande de petits malins que votre histoire de masses négatives n'explique nullement les forts effets de lentille gravitationnelle au voisinage des galaxies, et surtout des amas de galaxies

pour le moment, il a raison

# COMMENT SE FORMENT LES ÉTOILES

avant de se demander comment se forment les galaxies, on peut réfléchir à la façon dont se forment les étoiles

les étoiles: on sait à peu près comment ça fonctionne. Au regard de nos vies humaines éphémères et même de nos civilisations, leur évolution s'étend sur des temps incommensurablement plus importants. Le progrès-clé, réalisé au tout début du XXe siècle a consisté à réaliser qu'il n'y avait pas une infinité d'étoiles possibles mais que nous avions sous les yeux différents types d'étoiles classables selon leur masse, nous apparaissant dans des états évolutifs différents,

et les étoiles massives brûlaient leur hydrogène par les deux bouts



les étoiles se forment dans des nuages de gaz, dans les galaxies. On verra plus loin pourquoi et comment se forment des "grumeaux", les PROTO-ÉTOILES. Quand la FUSION démarre, l'étoile brûle son "carburant", l'hydrogène. Plus la masse de l'étoile est importante, plus elle "carbure" et plus brève est son existence. Jupiter est une "étoile ratée" qui rayonne, se contracte, mais ne s'allumera jamais. Quand la masse est suffisante, disons supérieure à dix fois la masse de Jupiter, l'étoile connaît un temps de latence avant que les réactions de fusion de démarrent

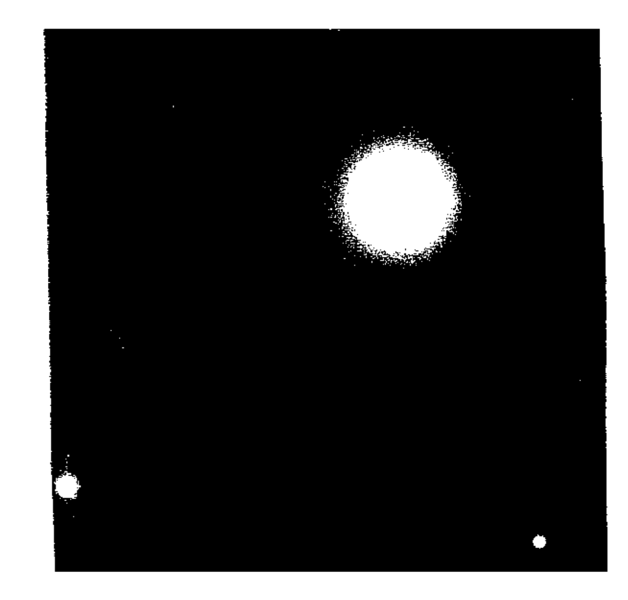
combien de temps cela prend-t-il ?

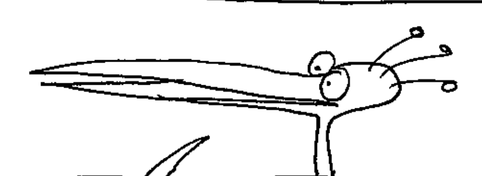
Soit R le rayon de l'étoile. Le grumeau se contracte jusqu'à ce que sa température atteigne 3000°. Alors ce grumeau s'ionise et les forces de pression s'opposent à la poursuite de cette contraction. La quantité de chaleur à évacuer, par rayonnement, est comme le volume de l'étoile, comme le cube du rayon. Le "radiateur" c'est sa surface $4\pi R^2$. Le temps de dissipation de cette chaleur, qui permet la reprise de la contraction, débouchant sur la fusion varie donc comme la racine cubique de la masse de l'étoile, comme son rayon R

on a parlé de ces conglomérats sphéroïdaux de matière à masse négative qui se situeraient au centre de ces grands vides. Comment ces objets évoluent-ils ?



Il faudrait être constitué de masse négative pour apercevoir ces immenses proto-étoiles, rayonnant dans le rouge et dans l'infrarouge dont le temps de contraction excède l'âge de l'univers. Ce qui fait qu'elles ne s'allumeront...jamais !



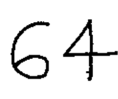


Donc, si je comprends bien, dans ce négamonde, pas de véritables étoiles, pas de fusion, pas de supernovae, pas d'éléments lourds, donc pas de planètes et pas de VIE ?

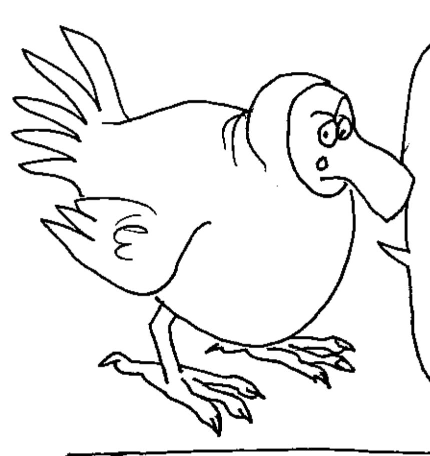


ces objets ne sont que la charpente de notre univers à masse positive

ridicule, fantasmagorique! Vous pouvez inventer ce genre de chose à perte de vue. Alors que LA MATIÈRE SOMBRE et l'ÉNERGIE NOIRE sont, elles, bien réelles !



# LE PROBLÈME DE LA FORMATION DES GALAXIES










Vous éditez une revue. Et son nom c'est ?

main stream

MAIN STREAM

Je trouve que votre énergie noire c'est terriblement vendeur. Une trouvaille!

vous trouvez ?

c'est remarquable!

quelque fois j'ai des doutes.

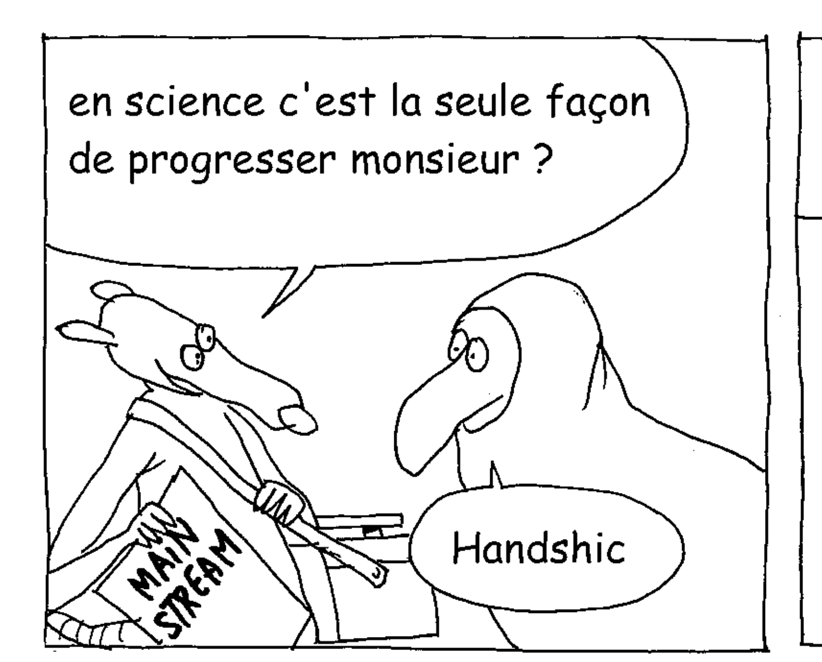
ridicule. Il ne faut jamais douter. Reprenez-vous !

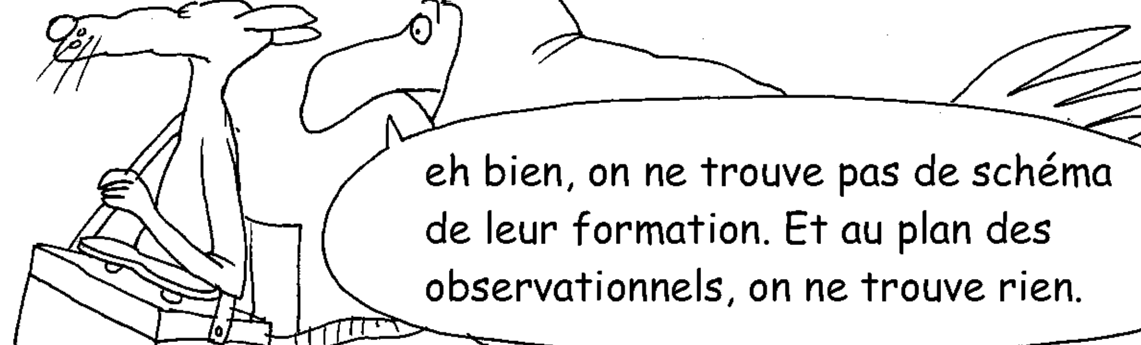
l'essentiel c'est de trouver les mots, les bon mots. Trou noirs, matière noire, énergie noire. Le côté noir est extrêmement porteur, croyez-moi

qu'est ce que vous transportez avec vous ? In dirait un nécessaire pour cirer les chaussures.

c'est mon instrument de travail

Vous connaissez ma devise: toujours dans le sens du vent dominant, toujours!


en science c'est la seule façon de progresser monsieur ?
Handshic
MAIN STREAM


Nous sommes à la recherche d'un article sur la formation des galaxies. Quel est votre sentiment sur le sujet ?
eh bien, on ne trouve pas de schéma de leur formation. Et au plan des observationnels, on ne trouve rien.


Tssss... la science, c'est de la cuisine. Vous mettez un paquet de cordes cosmiques, quelques monopoles magnétiques, de la matière sombre, froide, ou tiède. Et peut être, pour corser le tout, quelques mini trous noirs, non ?
vous croyez ?
vous écrivez et moi, je publie


qu'en penses-tu, Sophie ?
A
cette structure lacunaire joue peut-être un rôle dans la formation des galaxies

quand on part d'un mélange de masses positives et de masses négatives, avec une large supériorité de la seconde sur la première, celle-ci forme des conglomérats, par instabilité gravitationnelle. Ce faisant elle repousse la matière à masse positive, la nôtre, dans l'espace résiduel. Mais elle le fait assez violemment, et cette matière, sous forme d'hydrogène et d'hélium, se trouve comprimée selon des PLAQUES(*)




Alors que la matière à masse négative se rassemble sous forme de sphère et ne pourra ainsi pas évacuer sa chaleur par rayonnement, la CONFIGURATION EN PLAQUES représente au contraire le radiateur optimal pour la matière qui pourra ainsi se refroidir par rayonnement, à la suite d'une forte excursion en température. Ce gaz se trouve ainsi déstabilisé et ce refroidissement déclenche l'instabilité gravitationnelle et la formation des galaxies TOUTES EN MÊME TEMPS. C'est pour cela qu'on ne trouve pas de jeunes galaxies.



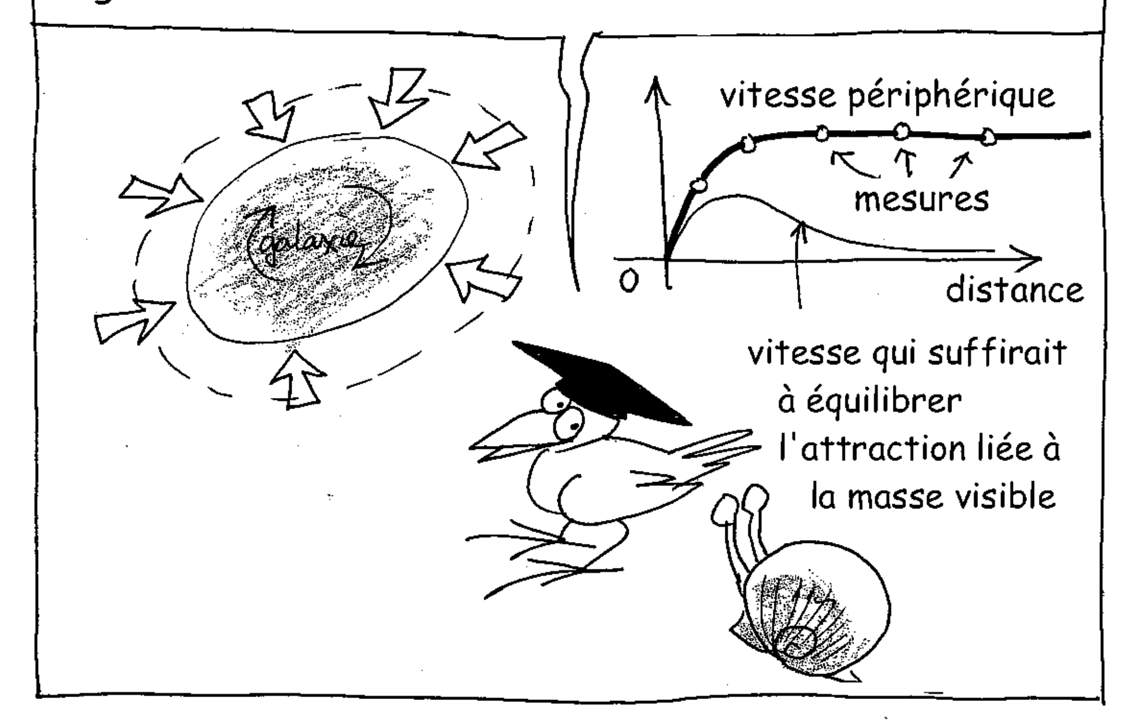

(*)

# CONFINEMENT DES GALAXIES

actuellement les galaxies sont éloignées les unes des autres comme des petits pois distants d'un mètre. Mais au moment de leur naissance les jeunes galaxies étaient aussi serrées que des grains de raisin dans une grappe. Elles formaient un SYSTÈME COLLISIONNEL et ce sont ces interactions qui leur ont conféré leurs mouvements de rotation (*). Puis l'expansion les a séparées et les collisions quoique toujours existantes se sont faites beaucoup plus rares



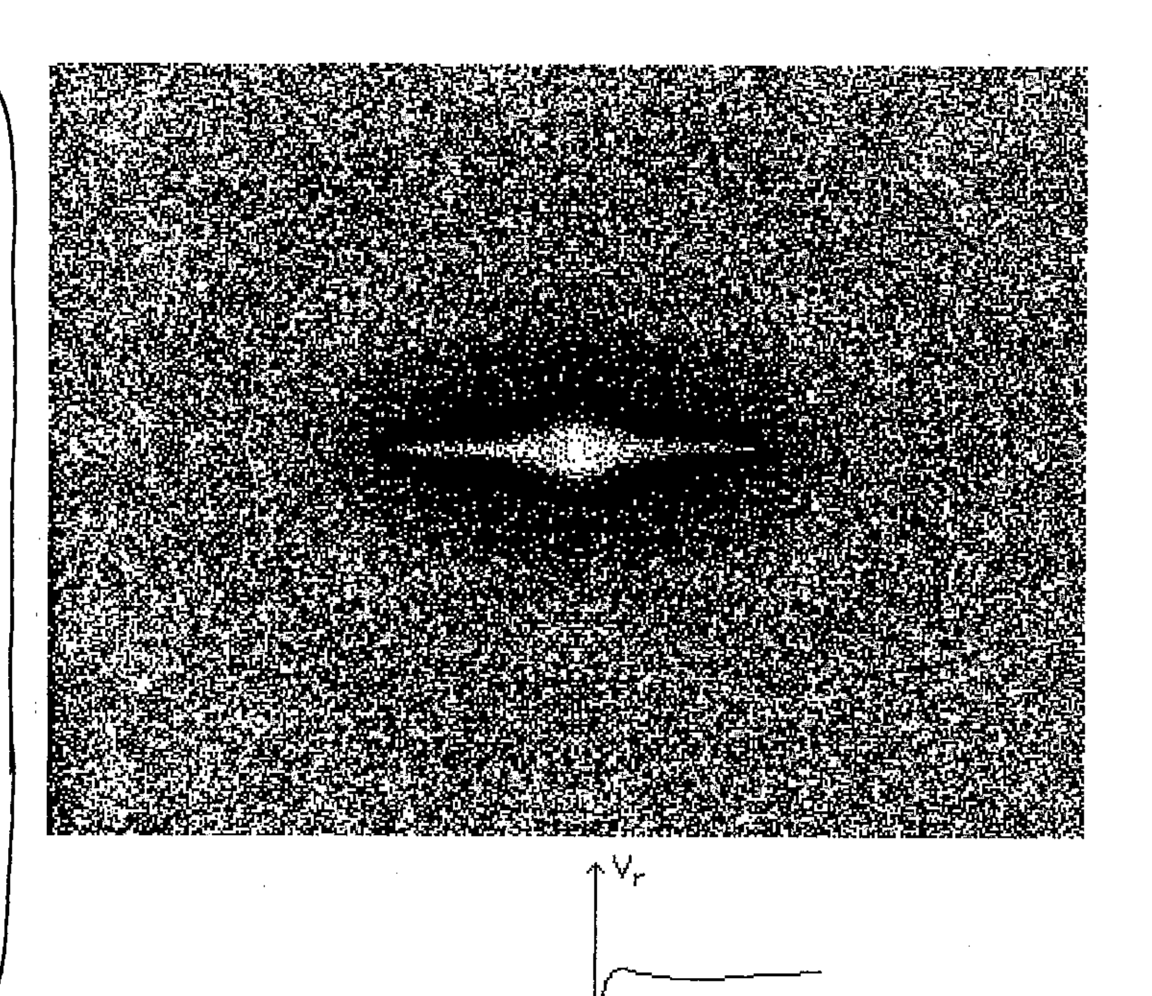

la matière à masse négative n'est pas concentrée dans les conglomérats. Elle forme une ambiance gazeuse qui exerce une CONTRE-PRESSION sur notre propre matière et, s'infiltrant entre les galaxies, les CONFINE. Sa présence aux frontières des galaxies explique les survitesses périphériques mesurées dans le gaz interstellaire




(*) dans un gaz les collisions mettent les molécules en rotation

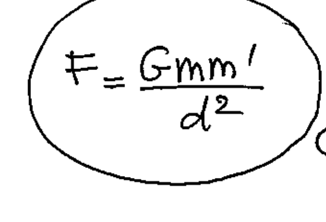
Bon, essayons un peu de faire le point dans ce tourbillon d'idées nouvelles, qui diffèrent totalement de ce qu'on lit dans MAIN STREAM. Si je comprends bien, pour vous, la matière sombre et l'énergie noire sont des foutaises. La matière à masse négative suffit à elle seule à tout expliquer. Ses conglomérats fixent, stabilisent la STRUCTURE À GRANDE ÉCHELLE LACUNAIRE DE L'UNIVERS VISIBLE, à la manière de "clous". Cela donne un schéma original pour la formation des galaxies. Cette matière négative, en s'infiltrant entre elles, assure leur CONFINEMENT. Elles sont comme nichées dans des trou de gruyère.




Résultats de simulations numériques (1992). En bas la courbe de rotation qui s'en déduit et qui colle parfaitement avec l'observation

de même que les mini effets de lentille gravitationnelle permettant aux Nouveaux Astronomes de cartographier la matière sombre dans l'univers, de même des gens comme Albert Bosma, ci-contre, adaptent les distributions de matière sombre qui permettent de retrouver les courbes de rotation. Faute de nouveaux modèles théoriques, tout se résume à la loi de Newton et à des techniques d'ajustement pour coller aux données d'observation






Au XVII$^{e}$ siècle Toricelli comprit que c'était la PRESSION ATMOSPHÉRIQUE qui faisait monter le mercure dans le baromètre qu'il avait inventé. Sinon les scientifiques en seraient encore à mesurer l'HORREUR DU VIDE.

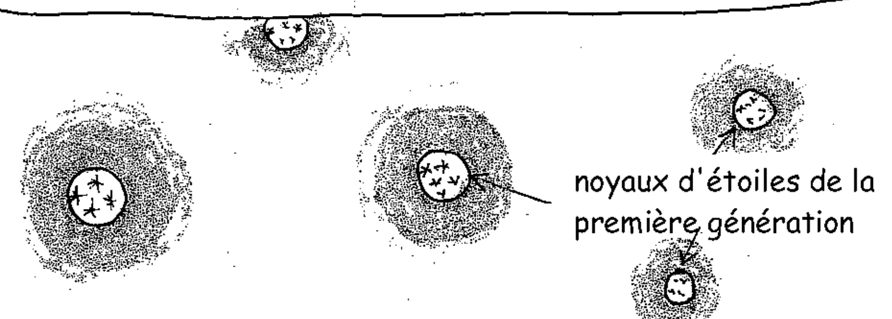
c'est une grande découverte : l'horreur du vide décroît avec l'altitude.

Pourquoi les galaxies légères ont-elle du gaz et les galaxies massives, non ?



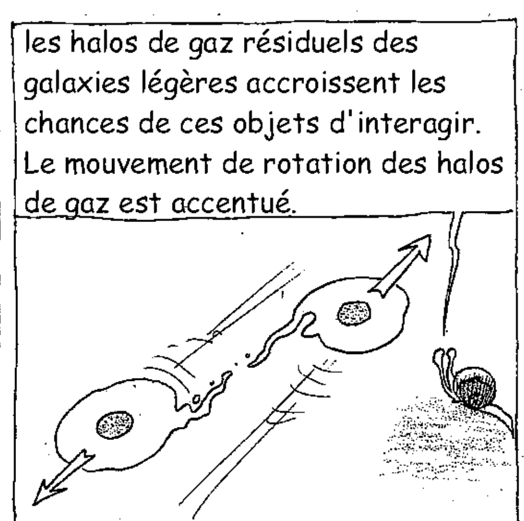
les étoiles de "premières génération" se forment immédiatement et portent à haute température le gaz résiduel ambiant. Pour les galaxies massives ce chauffage est si puissant que la vitesse d'agitation thermique $V = \sqrt{\frac{3kT}{m}}$ dépassera la VITESSE DE LIBÉRATION(*) de la galaxie. Ce gaz ira donc se perdre dans l'espace et sera si raréfié que les collisions entre atomes ne pourront entraîner son REFROIDISSEMENT RADIATIF.

Mais s'il s'agit d'une galaxie dix fois plus légère le chauffage communiqué au gaz résiduel sera insuffisant pour lui faire quitter celle-ci. Il se dilatera alors en formant une sorte d'atmosphère. Les jeunes galaxies, encore très proches les unes des autres "se frotteront" lors de rencontres et ceci mettra ces auras gazeuses en rotation (mais pas le noyau central fait d'étoiles)



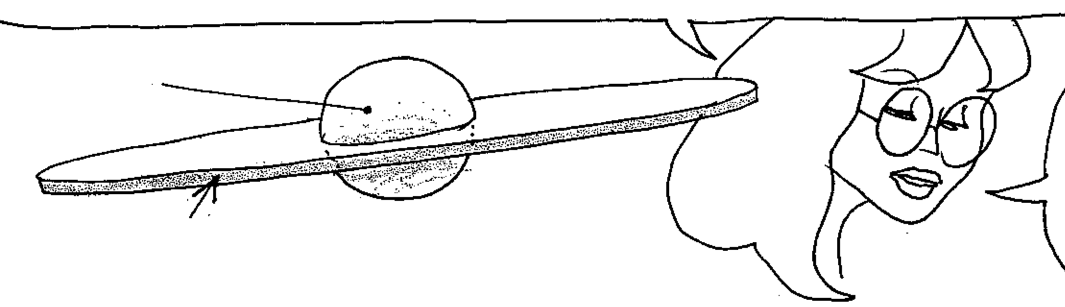

Comme déjà décrit en 1986 dans MILLE MILLIARDS DE SOLEILS, page 38 :



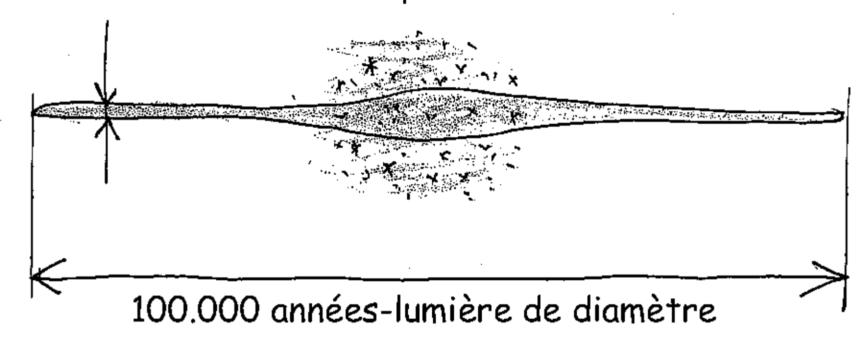




(*) Cette vitesse de libération est de l'ordre de 1000km/s. En appliquant $\frac{1}{2} mV^2 = \frac{3}{2} kT$ (annexe ???) on trouve que les galaxies doivent baigner dans du gaz à des dizaines de millions de degrés, ce qui a été mis en évidence.

l'expansion éloigne les galaxies les unes des autres. Les auras gazeuses conservées par les galaxies légères, forment des ensembles collisionnels d'atomes, se refroidissent en émettant du rayonnement. Conservant le MOMENT CINÉTIQUE acquis lors des rencontres cette masse gazeuse se mue en un disque très plat, associé au sphéroïde constitué par les étoiles de première génération qui, lui, NE TOURNE PAS et donnera les centaines d'amas globulaires, de 100.000 étoiles, constituant la "galaxie fossile"

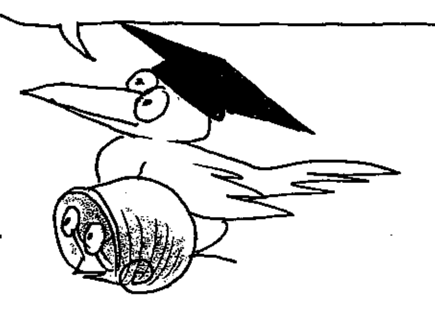


le refroidissement radiatif déstabilise cette masse gazeuse, ce qui entraîne la naissance d'étoiles de seconde génération par instabilité gravitationnelle

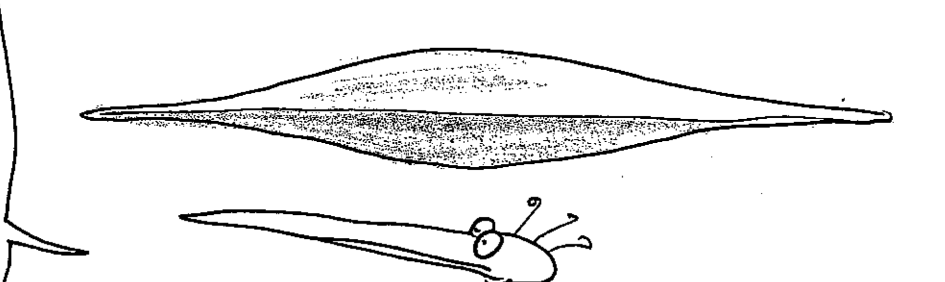



l'épaisseur du disque de gaz se maintient constante car le rayonnement UV émis par les jeunes étoiles le réchauffe et l'empêche de s'aplatir complètement. Ceci étant, la géométrie du disque de gaz d'une galaxie qui en possède est comparable à celle d'un CD-ROM

Autrement dit. ces galaxies fonctionnent comme des chasses-d'eau. Quand la température du gaz baisse, de nouvelles étoiles se créent et le réchauffent.

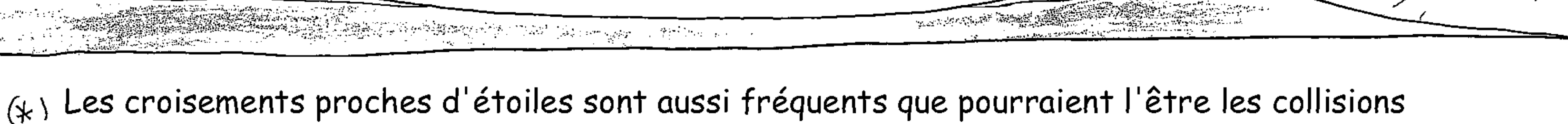


il y a une chose qui m'échappe: ces galaxies spirales, quand on les voit par la tranche ne me semblent guère aussi aplaties. Et on ne distingue guère de frontière entre les deux populations d'étoiles, celles du halo et celles du disque



le gaz interstellaire est fragmenté en nuage de masses très variées pouvant représenter 100.000 masses solaires. Les étoiles n'interagissent pas entre elles, s'ignorent(*) mais elles quittent le disque lorsque, croisant une masse de gaz interstellaire elles sont accélérés par EFFET DE FRONDE

le milieu interstellaire est aussi impermanent que les cumulus un jour ensoleillé. Sans cesse l'explosion de supernovae (une par siècle, soit un million par tour de galaxie) disperse le gaz dans un rayon de plus de cent années lumière, créant du désordre à la manière de pétards explosant dans un édredon. L'orage passé, un autre nuage se reconstituera plus loin, par instabilité gravitationnelle

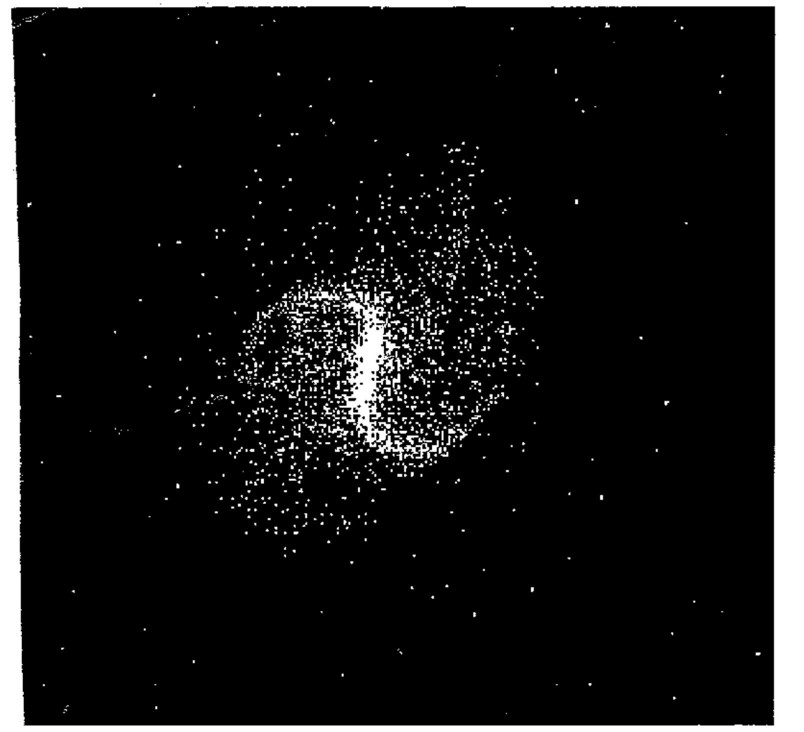


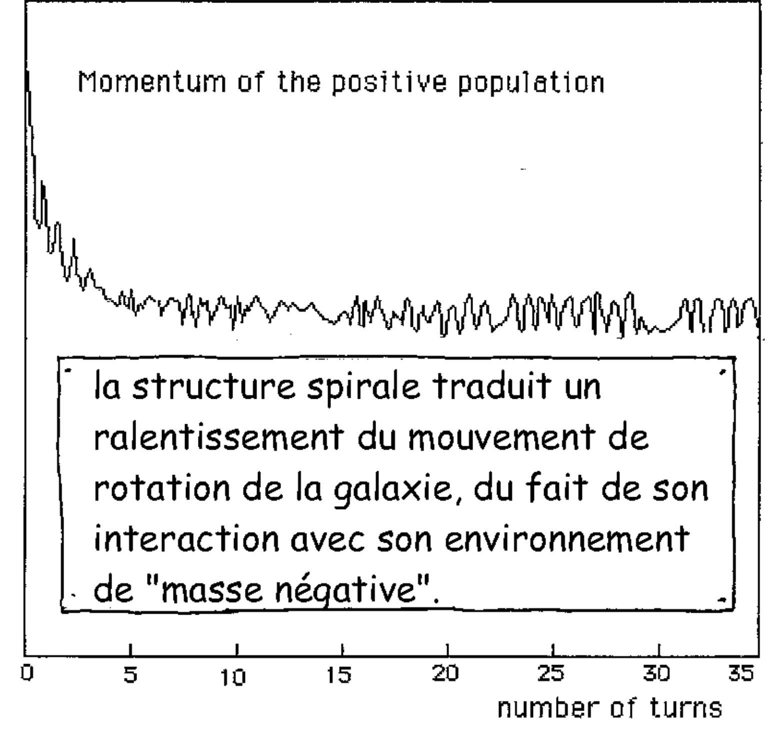

(*) Les croisements proches d'étoiles sont aussi fréquents que pourraient l'être les collisions de deux fourmis circulant sur le territoire français

# STRUCTURE SPIRALE



En 2002, en faisant interagir un grumeau de matière de masse positive, en rotation dans un trou ménagé dans une distribution de masses négatives : création immédiate d'une spirale barrée stable sur 30 tours. Mais abandon de ce thème de recherche face à l'hostilité violente de la concurrence.






Là, l'idée est très simple: la galaxie, confinée dans son "trou" de gruyère et tournant à l'intérieur de celui-ci subit les effets d'un phénomène de FRICTION DYNAMIQUE

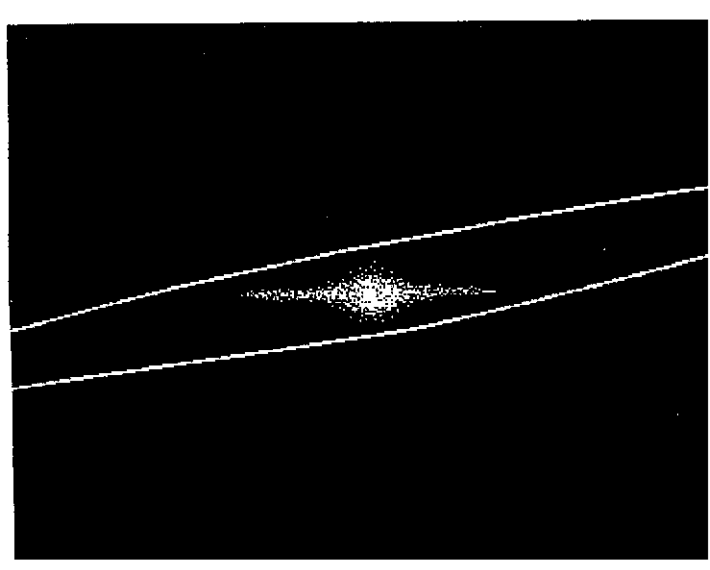


Comme quand on fait tourner son cappuccino dans sa tasse avec une cuillère.

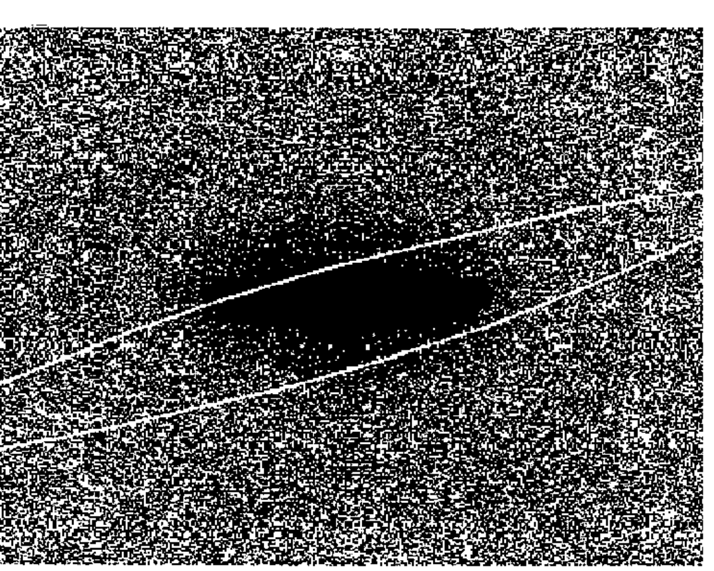
# MYTHIQUE MATIÈRE SOMBRE

Tout ça c'est très joli. Mais que faites-vous des forts effets de lentille gravitationnelle qui PROUVENT l'existence de la matière sombre

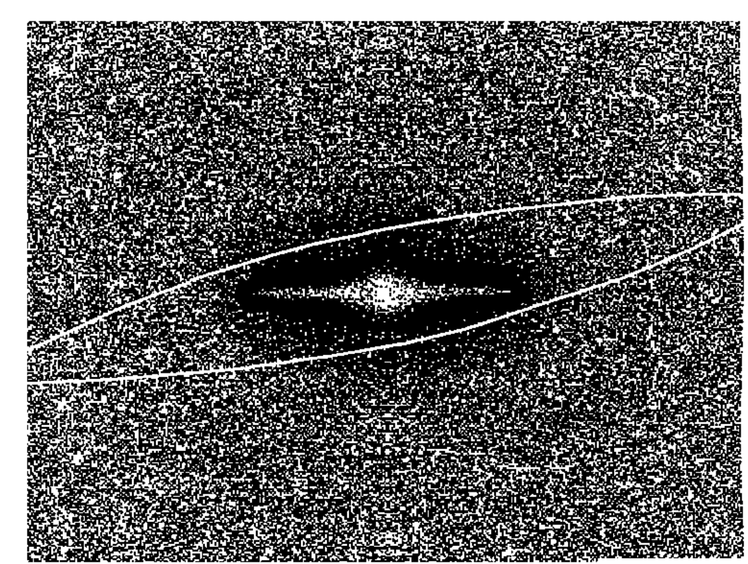
La galaxie, considérée isolément produirait un premier effet de lentille gravitationnelle, dû à sa masse (image de gauche). Mais la masse négative environnante, qui la confine, agit également sur les trajectoires des photons et produit un EFFET DE FOCALISATION (image centrale) qui produit un effet global renforcé (image de droite). Vous imputez ceci à un halo de matière sombre invisible qui ... n'existe pas.



effet de lentille gravitationnelle, galaxie seule



focalisation due à l'action de la masse négative



les deux effets, combinés

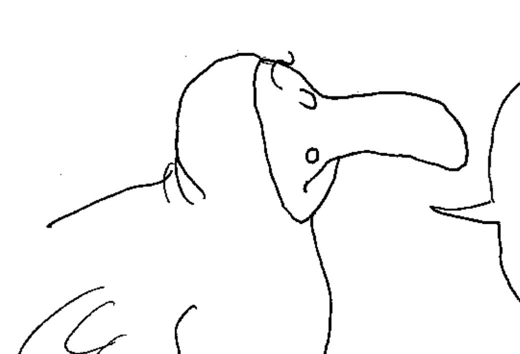



si je comprends bien, cette matière à masse négative exerce une contre-pression à différent niveaux. Elle assure d'abord la pérennité de la structure à grande échelle de l'univers, lacunaire. Puis elle maintient les galaxies dans les amas. À une échelle moindre elle confine les galaxies. Mais ne pourrait-elle pas s'infiltrer à l'intérieur même des galaxies ?

oui, et on la trouvera, avec de très faibles densités entre les étoiles

C'est drôle. À très grande échelle c'est la matière qui est structurée comme un gruyère, les conglomérats de masse négative se localisant au centre des "trous". À plus petite échelle c'est le contraire. C'est la matière de masse négative qui devient lacunaire. Dans les "trous" se logent les galaxies, et à plus petite échelle, les étoiles.





bon... vous avez trouvé une interprétation ALTERNATIVE de ce phénomène. Personnellement je préfère celle qui est fondée sur la MATIÈRE SOMBRE

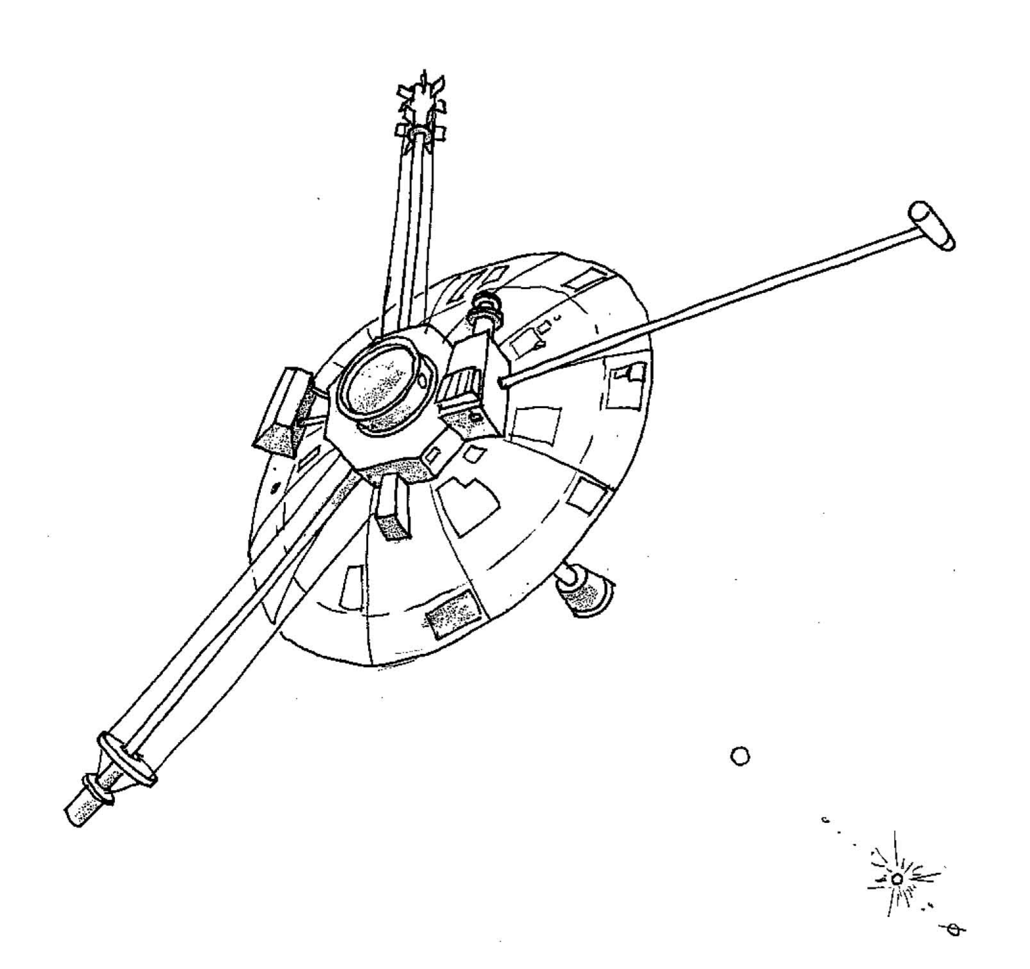
ce qui voudrait dire qu'il serait impossible d'opter pour l'une ou l'autre de ces théories ?

il faut quand même remarquer qu'avec cette théorie où on fait interagir deux matières de masses opposées on fait coup double, puisque cela évite de recourir à un autre ingrédient: L'ÉNERGIE NOIRE



l'idéal serait de considérer une observation dont on pourrait rendre compte avec cette matière à masse négative, et pas avec la matière sombre

# L'EFFET PIONEER



En 1972-1973 la Nasa procéda au lancement de deux sondes identiques : PIONEER X et PIONEER XI. Bénéficiant d'une impulsion par EFFET DE FRONDE en frôlant Jupiter elles purent acquérir une vitesse qui leur permit d'échapper à l'attraction du Soleil et de quitter le système solaire en ????. Alimentées par un générateur nucléaire elles purent envoyer des signaux jusqu'en 2003. On constata un phénomène insolite. Les sondes subissaient une décélération infime mais parfaitement mesurable (*). Tout fut envisagé pour rendre compte de ce phénomène, y compris le fait que le système solaire recèle, au voisinage du Soleil une certaine quantité de MATIÈRE SOMBRE

Mais pour la première fois l'explication à tout faire ne fonctionna pas...



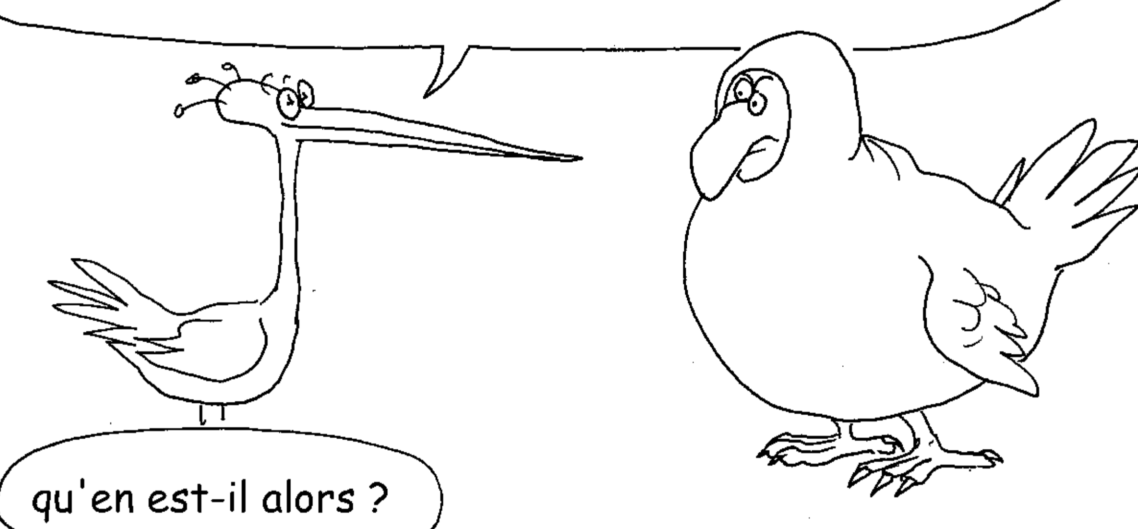
Le système solaire fonctionne comme une mécanique de précision, régie par la loi de Newton. L'ordinateur a permis au fil des ans de pouvoir situer à tout moment les planètes proches du Soleil à 20 mètres près. Une telle précision interdit toute modification de la masse, centrale, qui régit le mouvement des planètes de plus d'un cent millième de celle du Soleil. Or, pour pouvoir rendre compte des accélérations observées la quantité de matière sombre à rajouter au modèle classique excéderait largement cette valeur. On est donc contraint de chercher ailleurs la cause du phénomène. Actuellement (2008) les efforts se portent sur une ... modification (empirique) de la loi de Newton (MOND ou Modified Newton Dynamics)(*). Ceci entraîne une remise en cause des principes fondateurs de la Relativité Générale. Mais, au-delà, les ajustements nécessaires pour faire apparaître ces décélération à distance ne cadrent alors plus avec la dynamique à faible distance du Soleil (planètes telluriques)



(*) Toutes les autres causes à caractère physique, technique, ayant été recensées et éliminées

L'hypothèse "Matière Sombre" ne parvient donc pas à résoudre l'incontournable énigme soulevée par le phénomène, INCONTESTABLE, mis en évidence par les sondes spatiales PIONEER X et PIONEER XI

il ne reste que l'imputation de ce phénomène à l'action RÉPULSIVE de l'infime quantité de masse négative présente au voisinage du Soleil

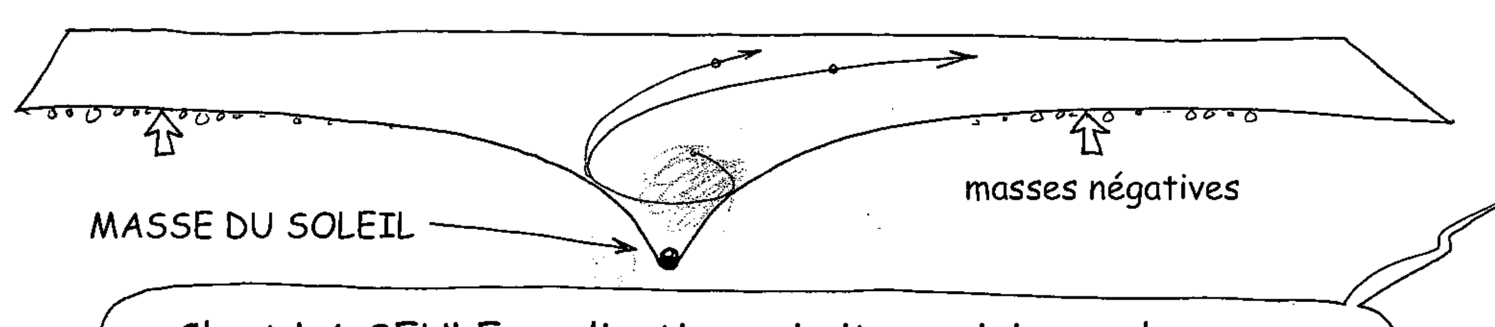




qu'en est-il alors ?

les "balles de ping-pong" relèvent alors très légèrement, à distance, la surface sur laquelle les sondes se meuvent. La "côte à gravir" est simplement très légèrement plus pentue.






C'est LA SEULE explication qui ait un minimum de sens.

# L'UNIVERS BIMÉTRIQUE

Voici un article que Sabine Hossenfelder a publié en juillet 2008 dans la revue Physical Review D

## A Bi-Metric Theory with Exchange Symmetry

Physical Review Juillet 2008

S. Hossenfelder*
*Perimeter Institute for Theoretical Physics*
*31 Caroline St. N, Waterloo Ontario, N2L 2Y5, Canada*
(Dated: July 17, 2008)

We propose an extension of General Relativity with two different metrics. To each metric we define a Levi-Cevita connection and a curvature tensor. We then consider two types of fields, each of which moves according to one of the metrics and its connection. To obtain the field equations for the second metric we impose an exchange symmetry on the action. As a consequence of this ansatz, additional source terms for Einstein's field equations are generated. We discuss the properties of these additional fields, and consider the examples of the Schwarzschild solution, and the Friedmann-Robertson-Walker metric.

Sabine Hossenfelder, qui travaille au Perimeter Institute, Canada, connait parfaitement l'existence de mes travaux antérieurs, très développés, sur l' univers bimétrique ( Nuevo Cimento 1994, Astrophysics and Space Science 1995 )

Je lui ai rappelé en octobre 2008 l'existence de ces articles sans recevoir de réponse.

**Voir aussi :**

1 - **Bigravity as an interpretation of cosmic acceleration** J.P.Petit & G. D'Agostini. http://arxiv.org/abs/0712.0067 du 2 décembre 2007

2 - **Bigravity : A bimetric model of the Universe. Exact nonlinear solutions. Positive and negative gravitational lensings.** J.P.Petit & G. D'Agostini http://arxiv.org/abs/0801.1477 du 10 janvier 2008

3 - **Bigravity : A bimetric model of the Universe with variable constants, including variable speed of light.** J.P.Petit & G. D'Agostini. http://arxiv.org/abs/0803.1362 15 mars 2008

4 - **Five-dimensional bigravity. New topological description of the Universe.** J.P.Petit & G. D'Agostini http://arxiv.org/abs/0805.1423 9 Mai 2008



**Sabine Hossenfelder, Perimeter Institute, Canada**

*In 2009, august, a friend of mine wrote her :*

Hi Sabine
I hope you are still progressing fast. A friend of mine, Jean-Pierre Petit, tried to contact you in 2008, october. Apparently you did not receive his message, didnt you ?

May be I'm wrong but I think yours works have very much in common. So you might be interested in his prediction in comology ans astrophysics and may be a collaboration would be possible ?

Best   Fred

*And her answer :*

Hi Frederic,

I can't recall I received an email by your friend. I looked up his works after you mentionned him, but I can(t say I find much similaririty to my approach, except superficial similarities in the outcome. The whole setup seems distinctively different.

Best   Sabine

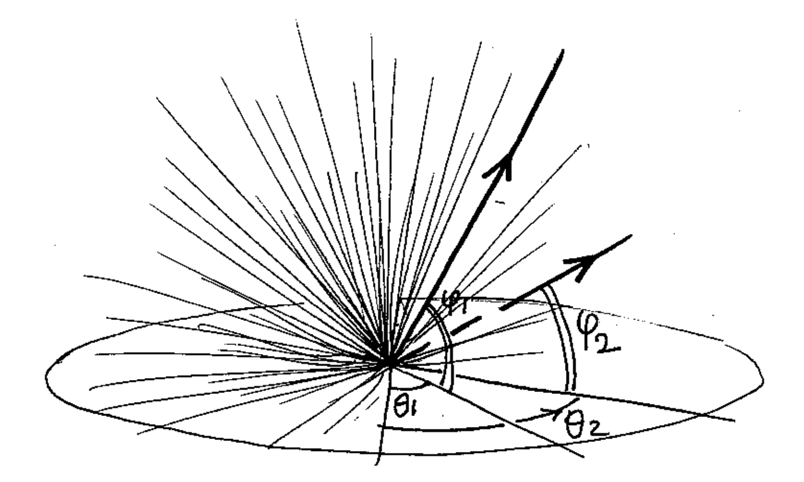
*No comment....*

le monde des Sciences est pavé d'histoires de ce genre. Cette parenthèse faite, continuons...

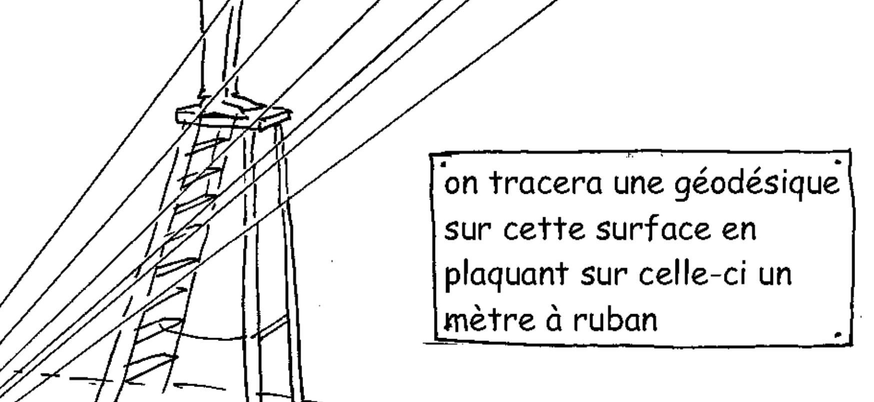


# LE MYTHE DE LA CAVERNE

Au IVe siècle avant JC, le philosophe Grec Platon avait développé l'idée selon laquelle la perception que l'homme pouvait avoir du monde était comparable à l'observation d'ombres dansantes projetées, depuis l'extérieur, sur le mur d'une caverne où il vivrait, enfermé, la véritable nature des phénomènes lui échappant. Dès l'avènement de la Théorie de la Relativité le mythe ressurgit. En effet nous avons dit que la révolution de ce début de siècle avait consisté à restituer les phénomènes sur une HYPERSURFACE ESPACE-TEMPS. Nous allons introduire une image. Vous connaissez tous ces luminaires constitués par un bouquet de fibres optiques, qui ne font que pointer une direction repérable par deux ANGLES, l'azimut $\theta$ et le site $\varphi$. C'est une image d'un ESPACE PRÉ-MÉTRIQUE ou le concept de DISTANCE est dénué de sens puisque deux fibres ne sont séparées que par des ÉCARTS ANGULAIRES.

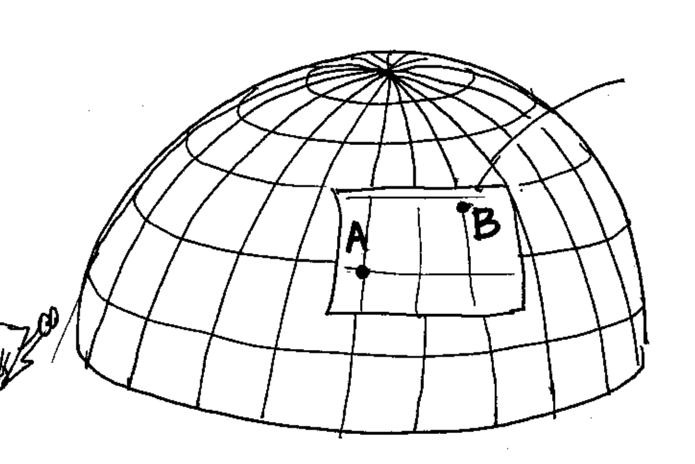


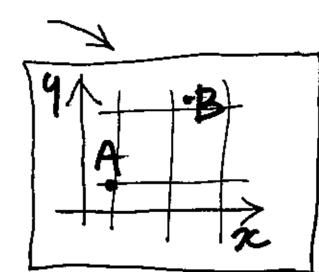
Imaginons un paquet de telles fibres optiques, infiniment serrées. Certaines émettent de la lumière, d'autres, non. En projetant ces rayons éventuellement de couleurs différentes, sur un écran sphérique on fabriquerait un classique PLANÉTARIUM. On pourra ainsi MESURER SUR CET ÉCRAN LA DISTANCE SÉPARANT DEUX DE CES IMAGES et utilisant une GÉODÉSIQUE




La longueur de l'arc géodésique AB sera proportionnelle au rayon R de l'écran sphérique de notre planétarium. On appellera cette grandeur R "facteur d'échelle d'espace", ou "jauge" *

on peut ensuite CARTOGRAPHIER l'écran en le maillant à l'aide de deux familles de courbes que nous appellerons COORDONNÉES




(*) les terminologies utilisées varient selon les auteurs: space scale factor, gauge, warp factor, etc...

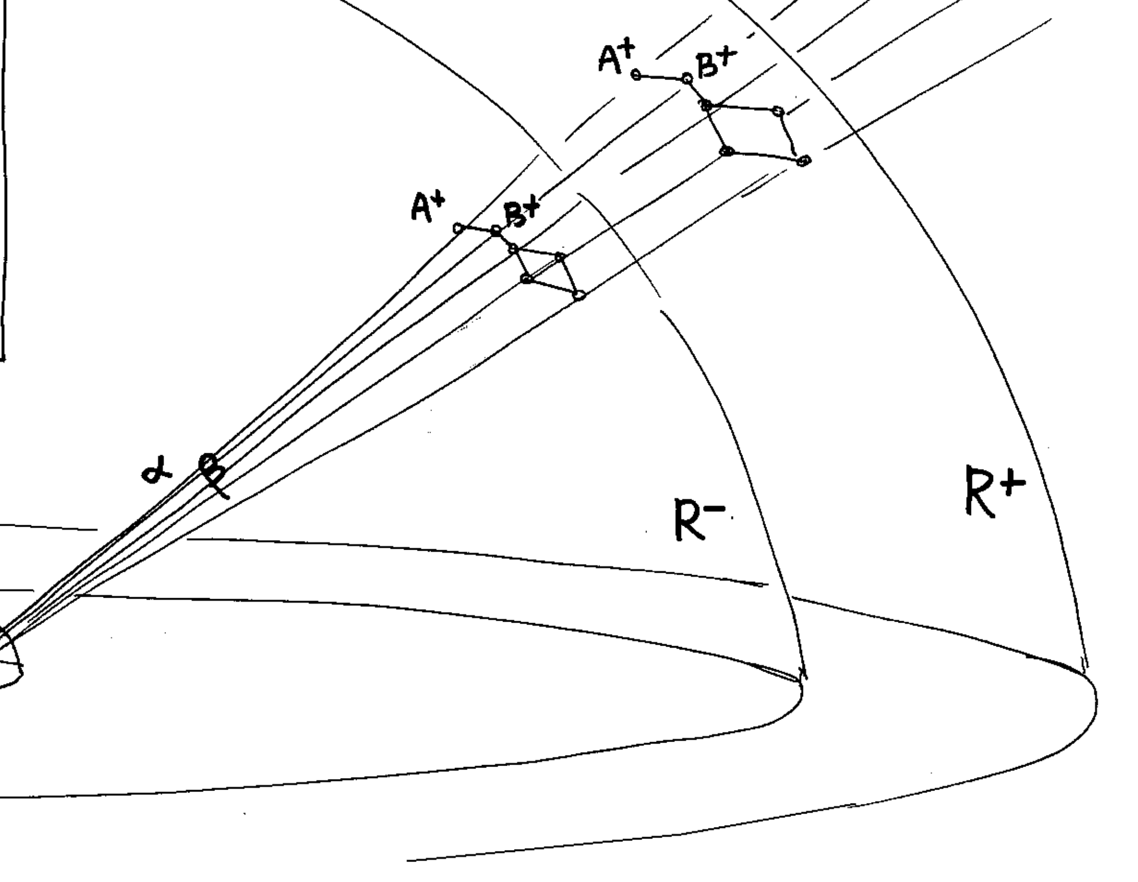
# BIMÉTRIQUE

Il est clair que la véritable façon de repérer une POSITION dans cet espace n'est pas cet ensemble de deux longueur (x,y) mais les angles (θ,φ). Ceci sera d'autant plus vrai si l'écran... se gonfle, si notre planétarium est en expansion. Alors, par exemple "être immobile" par rapport à cet "espace" se traduirait par:

$$\theta = \text{constante}$$
$$\varphi = \text{constante}$$

On dirait alors qu'on est COMOBILE par rapport à cet espace.

Imaginons maintenant que cet ensemble de "positions", de "lieux" (θ,φ) puisse se projeter selon non UN écran, mais DEUX




on aura donc deux manières différentes de MESURER la distance séparant les points $\widehat{A^+B^+}$ $\widehat{A^-B^-}$ image des mêmes "rayons lumineux" α et β selon l'écran choisi.

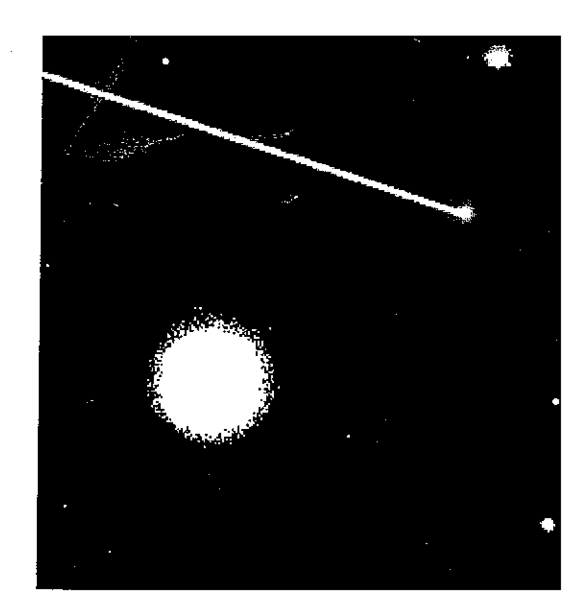
# (PLATON)$^2$ ou L'UNIVERS JUMEAU

Cette conception BIMÉTRIQUE de l'Univers représente un CHANGEMENT DE PARADIGME très difficile à concevoir. Elle revient à prendre Platon à la lettre, avec une structure sous-jacente, NON MÉTRIQUE, où les lieux différents $\alpha$ et $\beta$ (les "fibres optiques") sont repérés à l'aide d'ANGLES $(\theta_\alpha, \varphi_\alpha)$ et $(\theta_\beta, \varphi_\beta)$. Ce "système de projection" (le planétarium) se projette sur deux surfaces (feuillets, branes, peu importe) dont les facteurs d'échelles $R^+$ et $R^-$ peuvent être très différents, y compris "d'un lieu à l'autre". Pour un mathématicien géomètre c'est une chose tout à fait "naturelle" de doter une structure sous-jacente où les positions se repèrent à l'aide d'angles, qu'il appelle VARIÉTÉ (en anglais MANIFOLD) de plusieurs feuillets (SHEET), dont les facteurs d'échelle $R^+$ et $R^-$ (WARP FACTORS) peuvent être totalement différents. Si ces HYPERSURFACES 4d sont des ESPACES de MINKOWSKI les objets ne pourront y cheminer plus vite que la vitesse de la lumière de l'espace considéré. Mais ces vitesses peuvent être très différentes (par exemple $c^- \gg c^+$). Bien sûr, on envisage que les objets de masse $m^+$ (appelés précédemment m), et les objets de masse $m^-$ et d'énergie $E^-$ (désignées précédemment par $\overline{m}$ et $\overline{E}$) empruntent des chemins $\widehat{A^+B^+}$ et $\widehat{A^-B^-}$ s'inscrivant dans des feuillets (SHEETS ou BRANES) différents, que l'on peut considérer comme des UNIVERS JUMEAUX $U^+$ ET $U^-$, constituant en fait un seul et même UNIVERS JUMEAU U. Ce SECOND UNIVERS n'est pas ailleurs, de même que les particules à énergie négative ne sont pas AILLEURS. Objets de masses et d'énergies opposées sont immergés dans un même univers, ou

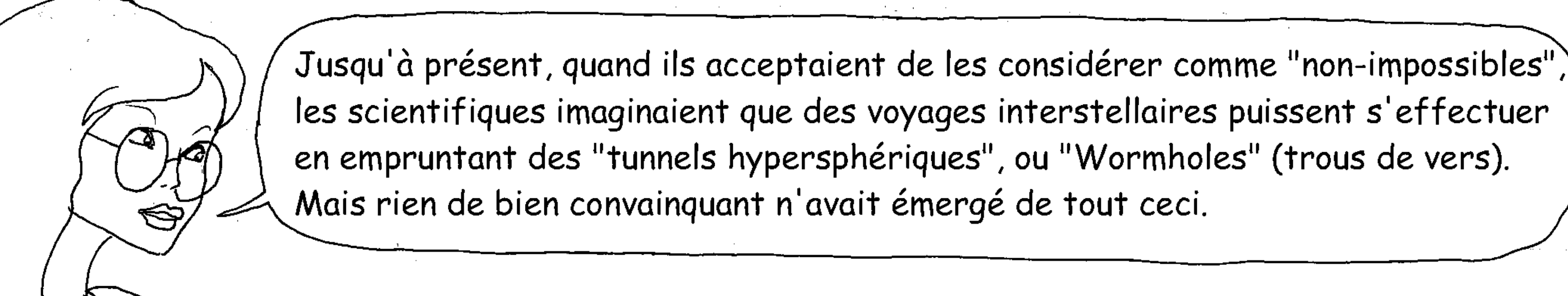
**ILS NE PEUVENT INTERAGIR QUE PAR LA GRAVITATION**

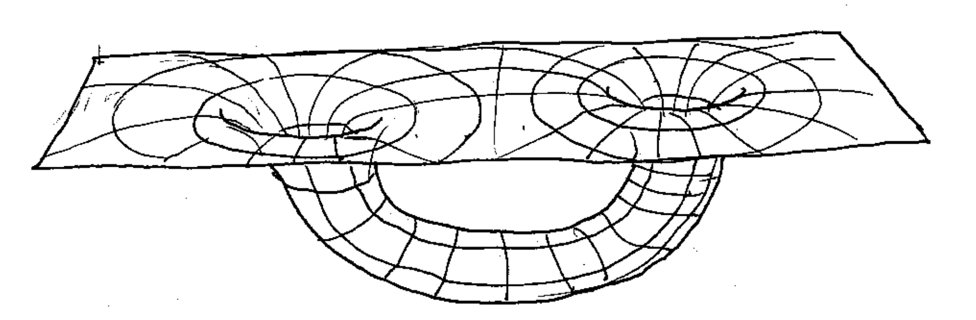
Le VOYAGE INTERSTELLAIRE serait donc non-impossible et pourrait s'effectuer en empruntant les "couloirs" d'un UNIVERS JUMEAU doté d'une vitesse luminique $C^-$ plus élevée. Un véhicule dont la masse serait inversée, serait

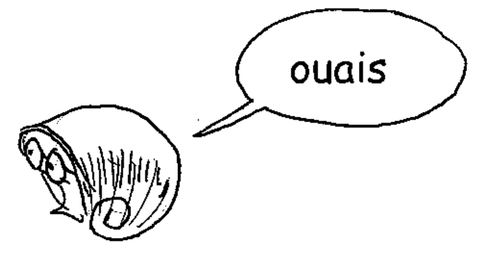
- Invisible
- Repoussé par la masse de la Terre



en alternant sa présence à travers un phénomène de nature quantique dans les deux univers jumeaux il tomberait dans un de ces mondes et s'élèverait dans l'autre, l'alternance rapide de ces deux séquences donnant à un observateur constitué de masse positive une impression d'immobilité, donc d'ANTIGRAVITATION.

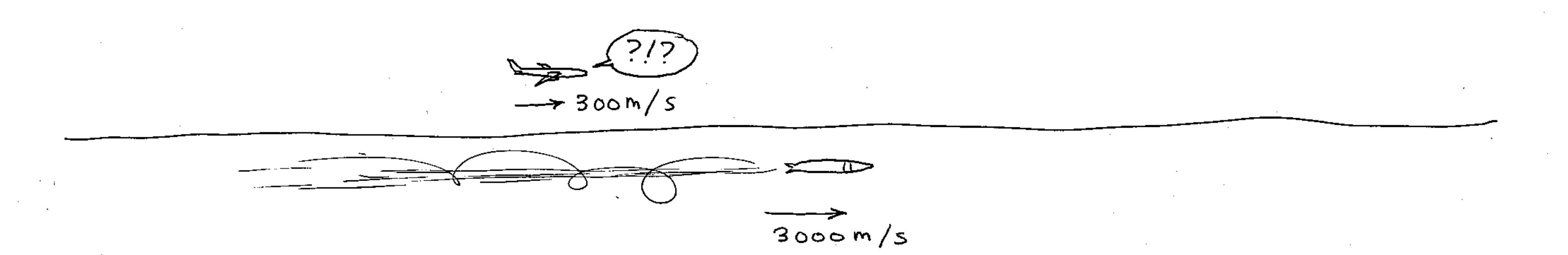




# VOYAGES INTERSTELLAIRES

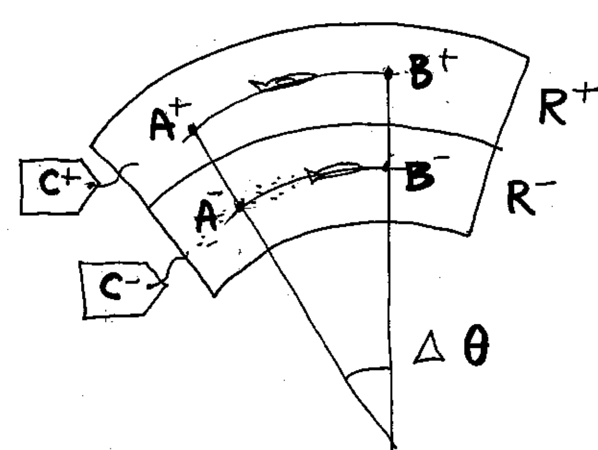
les observations astronomiques ont accrédité au fil du temps que tout, dans l'Univers, pourrait ne pas être observable optiquement et ... tangible. On a ainsi forgé l'idée, totalement spéculative (en science on gère beaucoup de questions en créant de simples mots) qu'il puisse exister des particules, hypothétiques, "n'interagissant que très faiblement avec notre propre matière(*). Au delà on peut envisager des particules qui n'interagissent avec notre matière QU'À TRAVERS LA FORCE DE GRAVITÉ. Un vaisseau constitué de MASSES NÉGATIVES, croisant à seulement quelques dizaines de km/s pourrait traverser notre planète de part en part, et même notre Soleil, sans en être incommodé (si dans ce cas sa vitesse est suffisante pour qu'il ne reste pas prisonnier du champ de gravité de celui-ci). S'agissant de cheminements à des vitesses apparemment supraluminiques on peut donner l'image suivante: Dans un monde "double" le déplacement supersonique est impossible. Mais, pour aller d'un lieu à un autre deux cheminements sont possibles: par voie aérienne, à moins de 340m/s et... sous l'eau, en dessous de la vitesse du son dans cet autre milieu, mais qui est cette fois dix fois plus élevée,




(*) On les appela des WIMPS (Weakly Interacting Massive Particles)

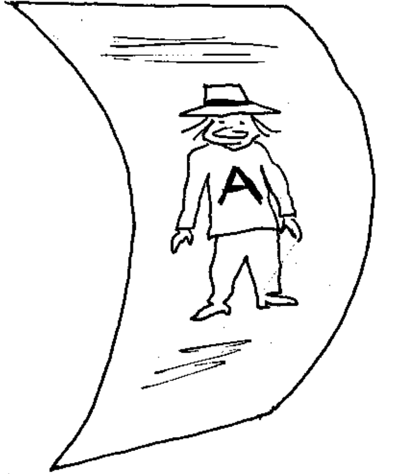
# L'EFFET GULLIVER

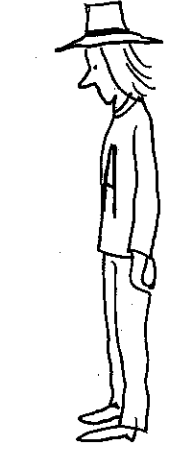
S'agissant du raccourcissement de la distance à parcourir on peut imaginer que le déplacement n'est qu'ANGULAIRE et se prête à deux types de REPRÉSENTATIONS différentes, liées à des facteurs d'échelle d'espace (WARP FACTORS) R+ et R- très différents, ces représentations spatiales étant elles mêmes liées à des vitesses de la lumière C+ et C- très différents :




$$\begin{cases} R^+ \gg R^- \\ c^+ \ll c^- \end{cases}$$



Cette histoire dérape, commence à ressembler de plus en plus à ALICE AU PAYS DES MERVEILLES. Nous nageons maintenant en pleine fiction.

c'est quand même amusant

mais la science d'aujourd'hui c'est la fiction d'hier Un siècle plus tôt la transformation directe de matière en énergie selon la loi $E = mc^2$, c'était de la pure fiction

On aurait dit que cela était impossible parce que violant : LE PRINCIPE DE CONSERVATION DE LA MATIÈRE

la loi ci-dessus n'est rien d'autre que LE PRINCIPE DE CONSERVATION DE L'ÉNERGIE MATIÈRE

pour cette vision "gémellaire" je propose un nouveau principe: d'un feuillet à l'autre L'ÉNERGIE-MATIÈRE SE CONSERVE



Ah, mon cher Tirésias, nous sommes en train de jouer un jeu: ATTENTION, UN PRINCIPE PEUT EN CACHER UN AUTRE, et à ce jeu-là, vous ne craignez personne !





Attention, la MÉCANIQUE QUANTIQUE n'a pas fini de nous surprendre, qui gère des PROBABILITÉS DE PRÉSENCE. Deux chercheurs FABRICE PETIT et MICHAËL SARRAZIN viennent de publier un travail avec une REPRÉSENTATION À DEUX FEUILLETS dans la revue PHYSICAL REVIEW D où une particule peut passer d'un feuillet à l'autre en mettant d'ailleurs en oeuvre ce principe de conservation de l'énergie matière ce PRINCIPE DE TIRÉSIAS

et ces deux-là envisagent même de monter des expériences avec des énergies plutôt modestes



la BARRIÈRE LUMINIQUE c'est le mur de Berlin de la Science de notre temps, la physique à l'ouest du Pecos

mais alors, la fiction est à nos portes. Vous imaginez tout ce que cela implique !!

# LA PHYSIQUE À L'OUEST DU PECOS

Plausible "faster-than-light" displacements in a two-sheeted spacetime

Fabrice Petit[1,*] and Michaël Sarrazin[2,†]

[1]Belgian Ceramic Research Centre,
4 avenue du gouverneur Cornez, B-7000 Mons, Belgium
[2]Laboratoire de Physique du Solide, Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix,
61 rue de Bruxelles, B-5000 Namur, Belgium

In this paper, we explore the implications of a two-point discretization of an extra-dimension in a five-dimensional quantum setup. We adopt a pragmatic attitude by considering the dynamics of spin-half particles through the simplest possible extension of the existing Dirac and Pauli equations. It is shown that the benefit of this approach is to predict new physical phenomena while maintaining the number of constitutive hypothesis at minimum. As the most striking feature of the model, we demonstrate the possibility of fermionic matter oscillations between the two four-dimensional sections and hyper-fast displacements in case of asymmetric warping (without conflicting special relativity). This result, similar to previous reported ones in brane-world theories, is completely original as it is derived by using quantum mechanics only without recourse to general relativity and bulk geodesics calculation. The model allows causal contact between normally disconnected regions. If it proves to be physically founded, its practical aspects could have deep implications for the search of extra-dimensions.

PACS numbers: 11.10.Kk, 04.62.+v, 11.25.Wx



1. arXiv:0809.2060 [ps, pdf, other]
**Probing braneworlds through artificial matter exchange between branes: experimental setups for neutron and helium-3 disappearance**
Michael Sarrazin, Fabrice Petit , submitted

2. arXiv:0706.4025 [ps, pdf, other]
**Plausible "faster-than-light" displacements in a two-sheeted spacetime**
Fabrice Petit, Michael Sarrazin. Accepted for publication in Phys. Rev. D76,(2007)
Journal-ref: Phys. Rev. D 76, 085005 (2007)

3. arXiv:hep-th/0603194 [ps, pdf, other]
**Matter localization and resonant deconfinement in a two-sheeted spacetime**
Michael Sarrazin, Fabrice Petit . Accepted for publication in Int. J. of Modern Physics A 22 (2007) 2629-2641

4. arXiv:hep-th/0505014 [ps, pdf, other]
**Artificially induced positronium oscillations in a two-sheeted spacetime: consequences on the observed decay processes**
Michael Sarrazin, Fabrice Petit . Accepted for publication in Int. J. of Modern Physics A 21 (2006) 6303-6314

5. arXiv:hep-th/0409084 [ps, pdf, other]
**Quantum dynamics of massive particles in a non-commutative two-sheeted space-time**
Fabrice Petit, Michael Sarrazin. Accepted for publication in Physics Letters B 612

6. arXiv:hep-th/0409083 [ps, pdf, other]
**Quantum dynamics of particles in a discrete two-branes world model: Can matter particles exchange occur between branes?**
Michael Sarrazin, Fabrice Petit. Published in Acta Physica Polonica B (2005)
Journal-ref: Acta Phys.Polon. B36 (2005) 1933-1950







ça permet de savoir dans quel sens souffle le vent de la science

mais... nous n'avez pas une opinion ?

Une opinion !? Et puis quoi encore ? Comme si la vie n'était pas déjà assez compliquée !

Ah, excusez-moi. J'aperçois là-bas le professeur Nostradamour, qui sort de l'Institut. C'est un spécialiste incontesté des supercordes. Je m'en vais de ce pas l'interviewer. Vous savez: tant que ça fait vendre, moi je suis preneur



ce brave Harvey Kiss, avec sa revue MAIN STREAM sous le bras, son nécessaire pour cirer les chaussures et maintenant ce chapeau, il me fera mourir de rire !

Bon, récapitulons. Nous habitons un monde double, peuplé de particules qui ont des masses et des énergies opposées. Le Maître des groupes dit: c'est normal. C'est parce qu'elles naviguent à rebrousse-temps. Pour corser le tout, les distances parcourues pour aller d'un point de cet univers à un autre diffèrent selon qu'on soit constitué de masses positives ou de masses négatives.

J'avoue que je suis perdu!

Comment faire interagir ces régions à flèches du temps opposées et où de plus, les façons de mesurer les longueurs sont différentes ?!?

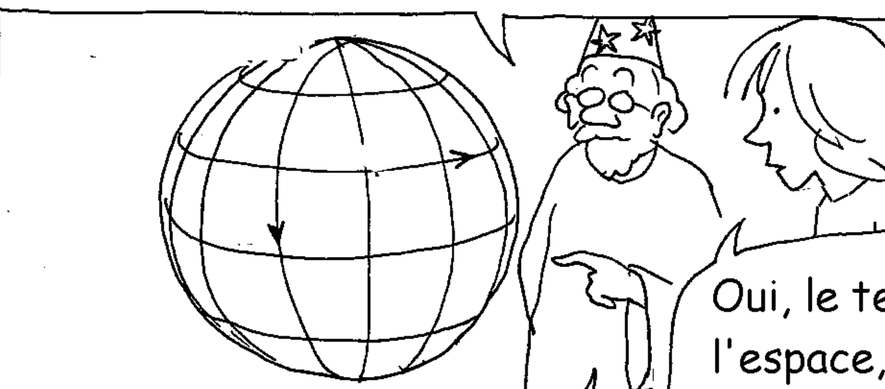


# TOPOLOGIE DE L'ESPACE-TEMPS

Tu n'as qu'à replier l'Univers sur lui-même

qu'est-ce que c'est que cette histoire de fou ?

Pars d'un modèle d'espace-temps avec un BIG BANG, un BIG CRUNCH et une situation d'extension maximale, que tu peux représenter en 2d à l'aide d'une simple sphère



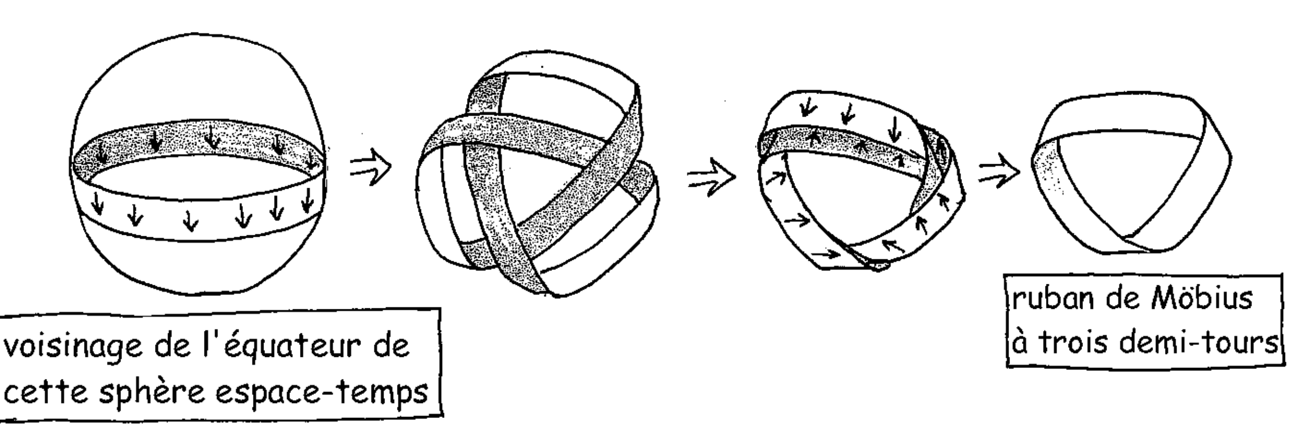
Oui, le temps suit les méridiens et l'espace, qui n'a qu'une dimension, est figuré par un cercle parallèle qui part de zéro, au "pôle BIG BANG" grandit jusqu'à devenir l'équateur de la sphère, puis collapse selon le "pôle BIG CRUNCH"

Tu sais que tu peux amener tout point de cet espace-temps en coïncidence avec son ANTIPODE SPATIO-TEMPORELLE (le point antipodal sur la sphère S2, et que le résultat est une surface de Boy. Tout cela est expliqué dans le TOPOLOGICON)(*)



(*) S'y référer. On ne va pas reprendre tout cela ici.

En feuilletant à rebours les pages 71 à 43, quatre animations permettent de suivre le repliement du voisinage de l'équateur qui, amenant les points antipodaux en coïncidence montrent comment des régions à flèche du temps opposées forment un "TWO SHEETED SPACETIME", un "espace-temps à deux feuillets"



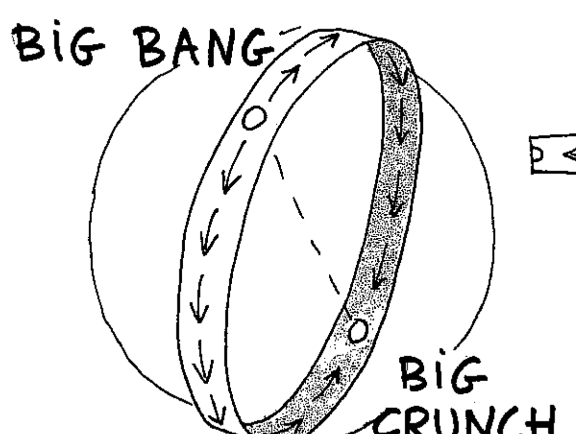

Ce voisinage de l'équateur se configure selon le REVÊTEMENT d'un ruban de Möbius à trois demi-tours. Mais il est assez difficile de réaliser soi-même cette opération, qui nécessite le croisement de trois nappes, comme indiqué sur la figure de la page 59:

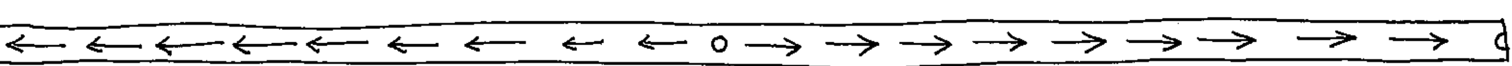
il faut reconnaître que pour un individu NORMAL c'est tout sauf évident

vite, une aspirine!

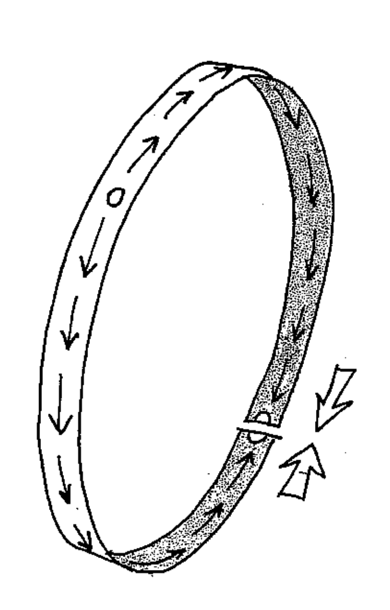
bleb...

Pour vous montrer comment ce repli de la sphère espace-temps sur elle-même, amenant ses points en coïncidence avec leurs antipodes amène du même coup "face à face" deux régions à flèches du temps opposées nous allons procéder différemment. Nous partirons cette fois du voisinage d'un MÉRIDIEN de notre sphère espace-temps à deux dimensions. Fabriquez-vous une longue bande de papier de 2cm de large et de 80 et quelques centimètres de long. En son milieu, dessinez un rond figurant le BIG BANG et de part et d'autres les flèches du temps. En bout de bande, deux petits demi-cercles.



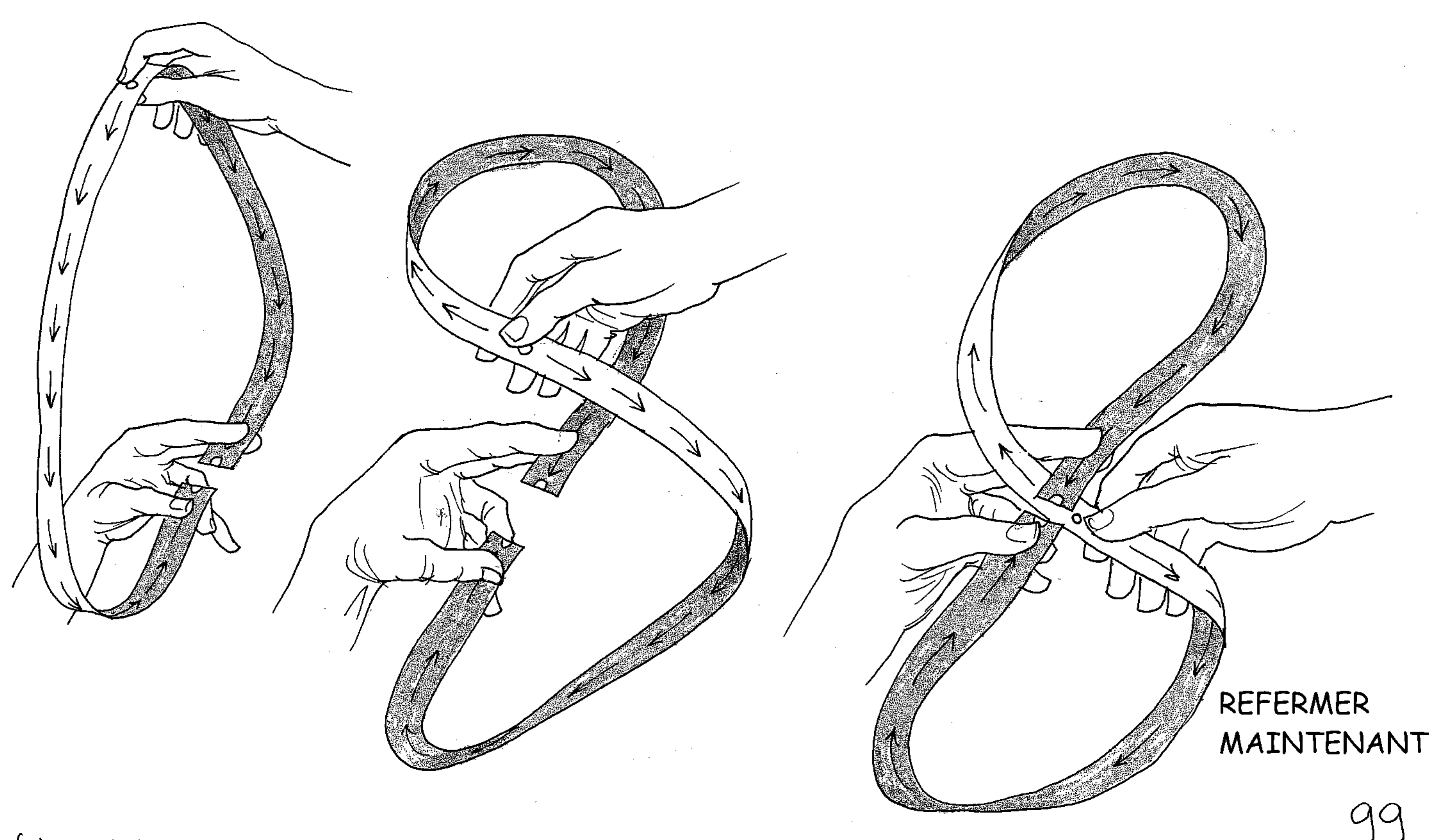
Doublez ces marques à l'identique sur le verso de la bande. Vous êtes prêts, en joignant les deux extrémités, à réaliser ce voisinage d'une ligne de temps, qu'on appelle LIGNE UNIVERS



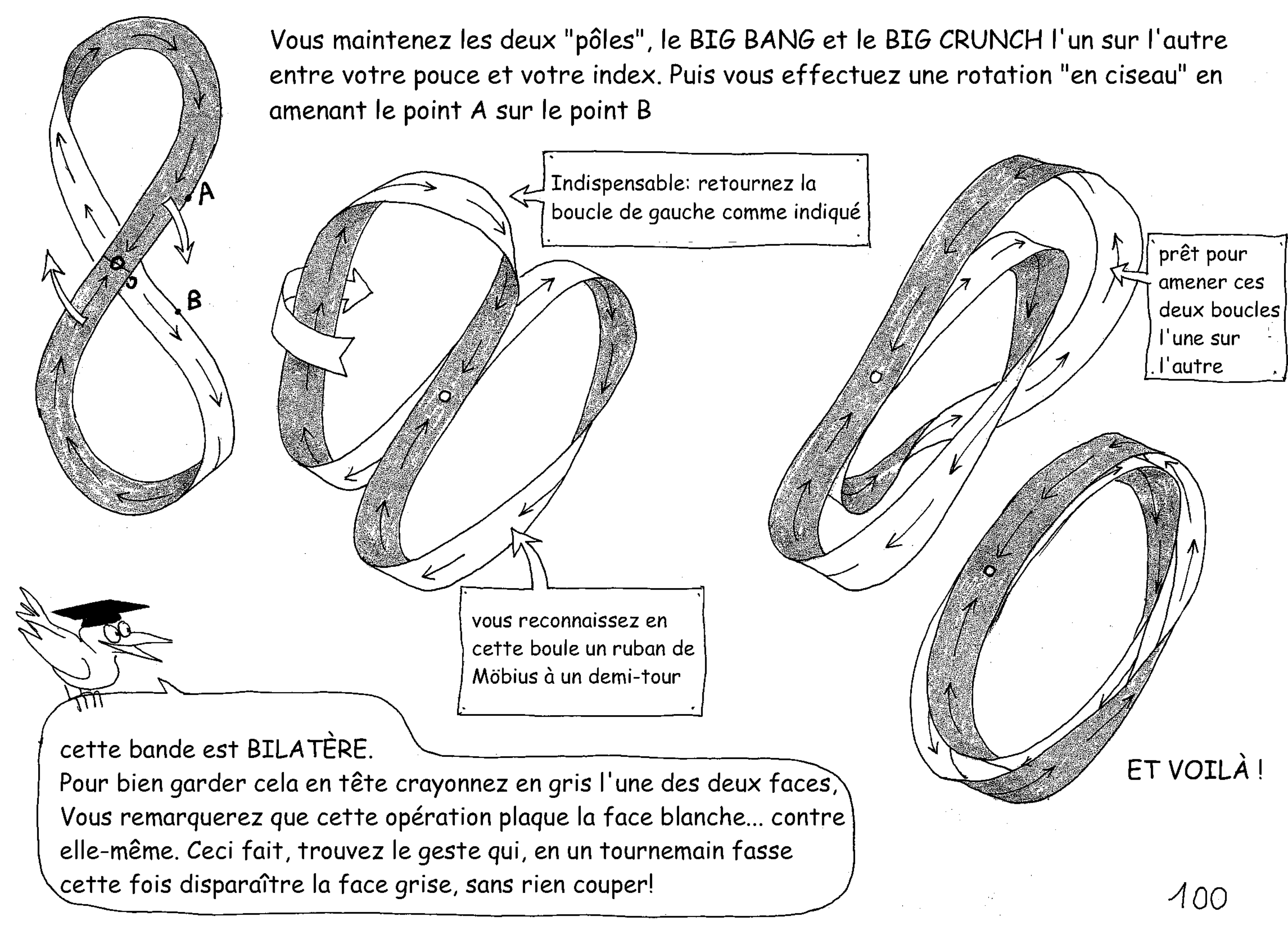


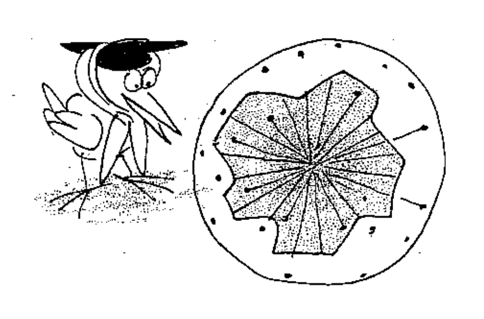
Attention, il est encore temps de renoncer à cette expérience car elle va créer dans votre cerveau des connexions synaptiques irréversibles.

Le repli de la sphère selon le revêtement à deux feuillets d'une surface de Boy(*) ne peut s'opérer sans que la surface ne se recoupe elle-même. Nous allons donc opérer UN traversement avant de refermer cette bande BILATÈRE avec du ruban adhésif et vous procéderez comme ci-après:

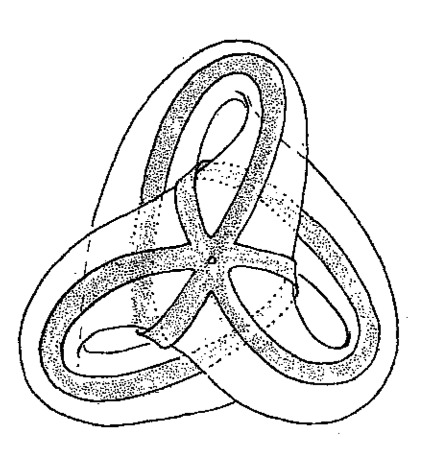



(*) se référer au TOPOLOGICON


Vous maintenez les deux "pôles", le BIG BANG et le BIG CRUNCH l'un sur l'autre entre votre pouce et votre index. Puis vous effectuez une rotation "en ciseau" en amenant le point A sur le point B
A
B
Indispensable: retournez la boucle de gauche comme indiqué
prêt pour amener ces deux boucles l'une sur l'autre
vous reconnaissez en cette boule un ruban de Möbius à un demi-tour
ET VOILÀ !
cette bande est BILATÈRE.
Pour bien garder cela en tête crayonnez en gris l'une des deux faces,
Vous remarquerez que cette opération plaque la face blanche... contre elle-même. Ceci fait, trouvez le geste qui, en un tournemain fasse cette fois disparaître la face grise, sans rien couper!



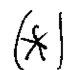
Le thème de la mise en coïncidence des points d'une sphère avec leurs homologues antipodaux avait été largement développé il y a treize ans dans le TOPOLOGICON. Alors les méridiens de la sphère, les LIGNES d'UNIVERS d'un espace-temps sphérique S2 se "replient" selon le revêtement à deux feuillets d'un ruban de Möbius à trois demi-tours. Ci-après trois de ces méridiens repliés





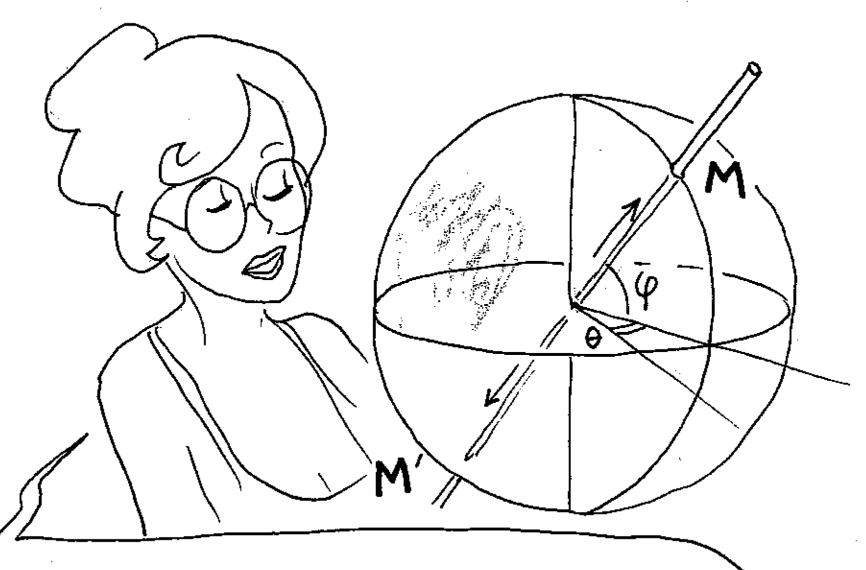

REMARQUE: Si au lieu de plaquer le "pôle BIG BANG" contre le "pôle BIG CRUNCH" on envisageait un passage tubulaire, éliminant la SINGULARITÉ notre espace-temps devenu torique se "replierait" selon le revêtement à deux feuillet d'une bouteille de Klein, sous un aspect... inhabituel.




 un espace-temps hypersphérique, fermé, "compact"

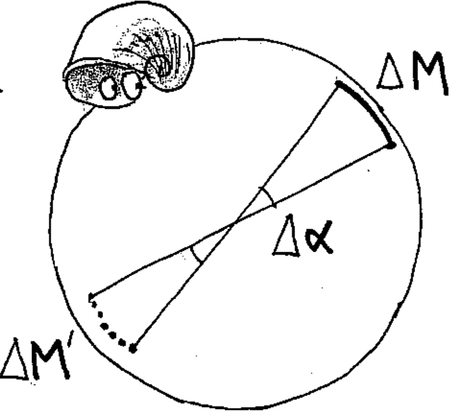


Bon, je conçois que cette inversion du temps (donc de la masse) relève encore d'une entourloupe géométrique, une de plus.
Mais quid des DISTANCES ?




Quand tu as associé des régions antipodales de ta sphère, c'est comme si tu avais utilisé des fibres optiques en leur faisant émettre de la lumière par les deux bouts. Chaque fibre est repérée par des coordonnées ANGULAIRES $(\theta,\varphi)$. Elle ne désigne pas un point de la sphère, mais deux, antipodaux M et M'

Un déplacement correspond à une VARIATION ANGULAIRE $\Delta\alpha$ à laquelle sont associés deux TRAJECTOIRES $\Delta M$ et $\Delta M'$, qui vaudront $\Delta M = R\Delta\alpha = \Delta M'$, seront égales si le système de projection sur l'écran se situe au centre de la sphère.

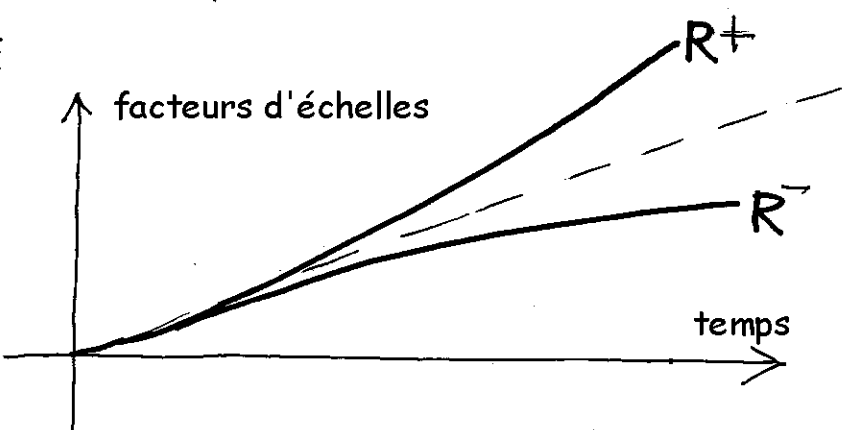


Si le "système de projection" est "décentré", alors un même déplacement $\Delta\alpha$ (un "lieu" se définit par des angles) ne correspondra pas à la même distance parcourue selon qu'il s'inscrira sur "l'écran des masses positives" ou sur "l'écran des masses négatives". Le phénomène perçu comme une expansion est en fait la variation du facteur d'échelle R (Warp Factor) en fonction du temps. Celle-ci n'est pas "vécue", c'est à dire MESURÉE de la même manière par les deux sous-ensembles. Le système est INSTABLE. Si le facteur d'échelle $R^+$ des masses positives s'accroît plus vite que le facteur d'échelle $R^-$ des masses négatives, ce mouvement s'accélère. Des êtres qui vivraient dans ce NÉGAMONDE subiraient au contraire une décélération (courbes). C'est le phénomène qui est fallacieusement imputé au POUVOIR RÉPULSIF DU VIDE ou à L'ÉNERGIE NOIRE

(voir Annexe 7)

$$\Delta M^+ = R^+ \Delta\alpha > \Delta M^- = R^- \Delta\alpha$$

$$\begin{cases} \rho^+ \sim \dfrac{1}{R^{+3}} \\ \rho^- \sim \dfrac{1}{R^{-3}} \end{cases} \text{(densités)}$$

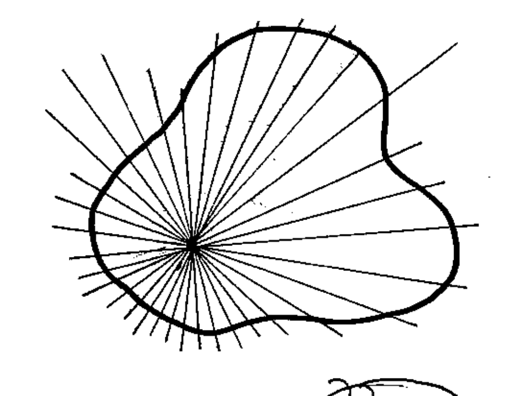


# FAILLITE DES HYPOTHÈSES COSMOLOGIQUES

Le MODÈLE COSMOLOGIQUE STANDARD reposait sur un certain nombre d'HYPOTHÈSES FONDAMENTALES que personne ne songeait à remettre en question

-L'UNIVERS EST UN CONTINUUM (ce que de plus en plus de gens remettent en question)
-L'UNIVERS EST HOMOGÈNE (faux: sa structure est LACUNAIRE)(*)
-L'UNIVERS EST ISOTROPE(de plus en plus contredit par les observations)
-LES CONSTANTES DE LA PHYSIQUE SONT DES CONSTANTES ABSOLUES(*)

Non seulement les ombres des choses ne se projettent pas dans la caverne sur une seule paroi, mais deux. Ces ombres interagissent. Le système de projection n'est pas au centre et, pour clore le tout, il est vraisemblable que ces "parois" oscillent, se gondolent, ce phénomène se traduisant par des ANISOTROPIES.





bref, tout fout le camp

 Voir à ce sujet PLUS RAPIDE QUE LA LUMIÈRE

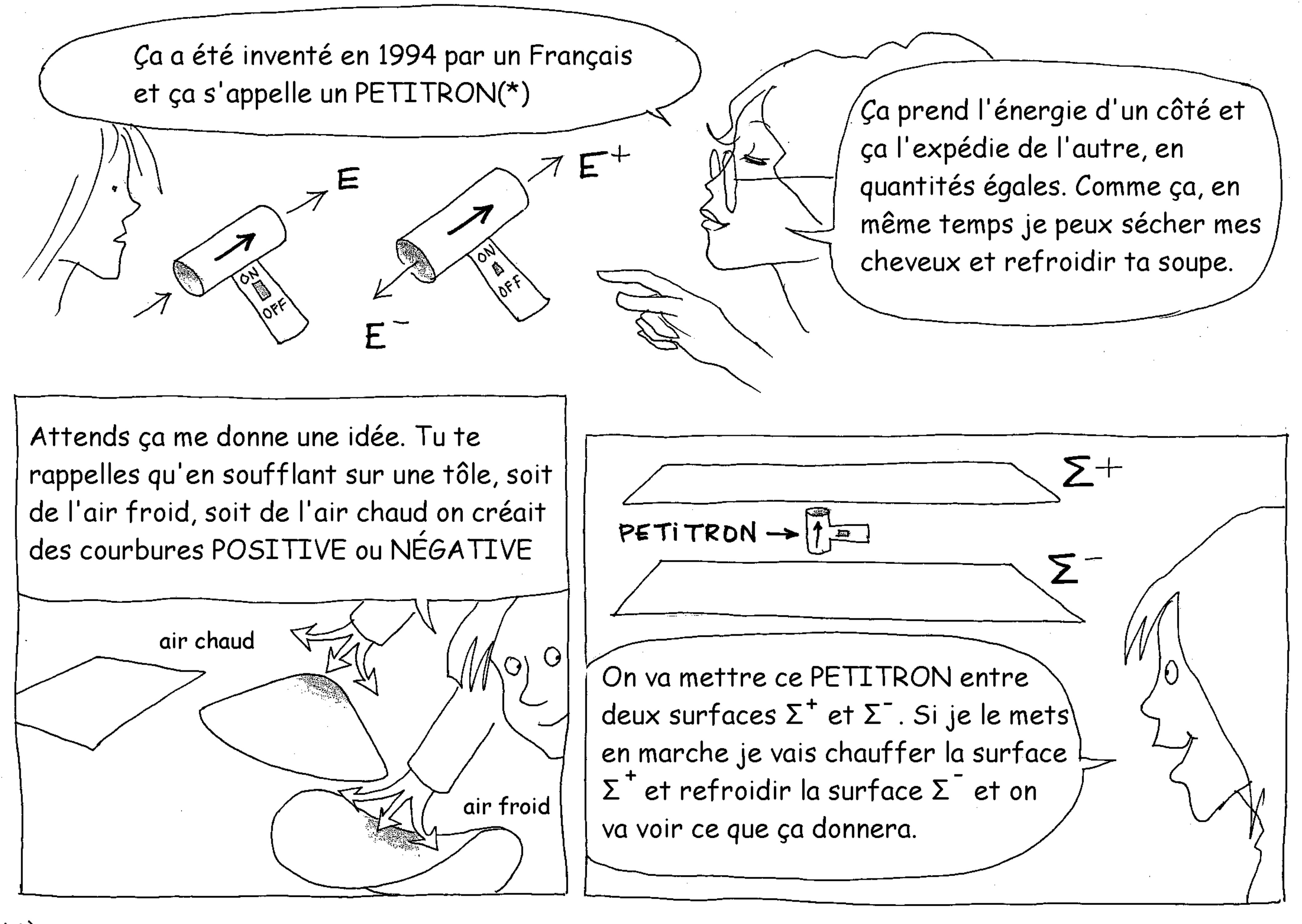
# GÉOMÉTRIES CONJOINTES (*)

Cette soupe est brûlante. Si j'avais au moins quelque chose pour la refroidir.

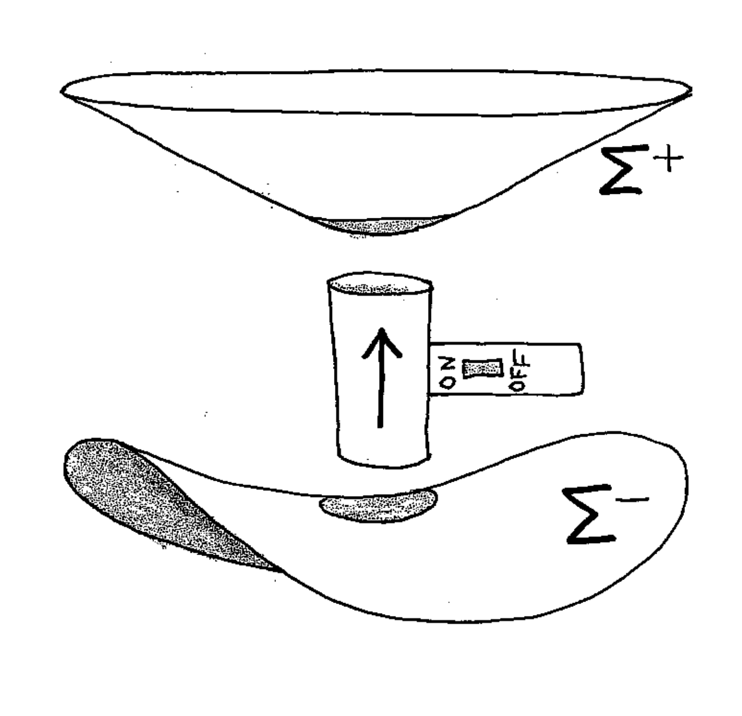
J'ai ce qu'il te faut.



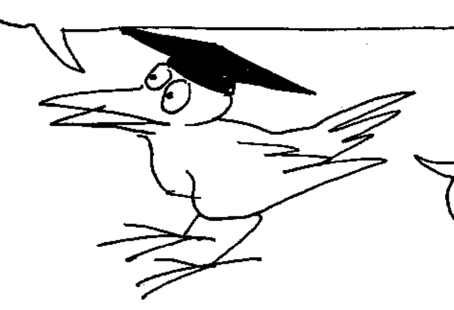


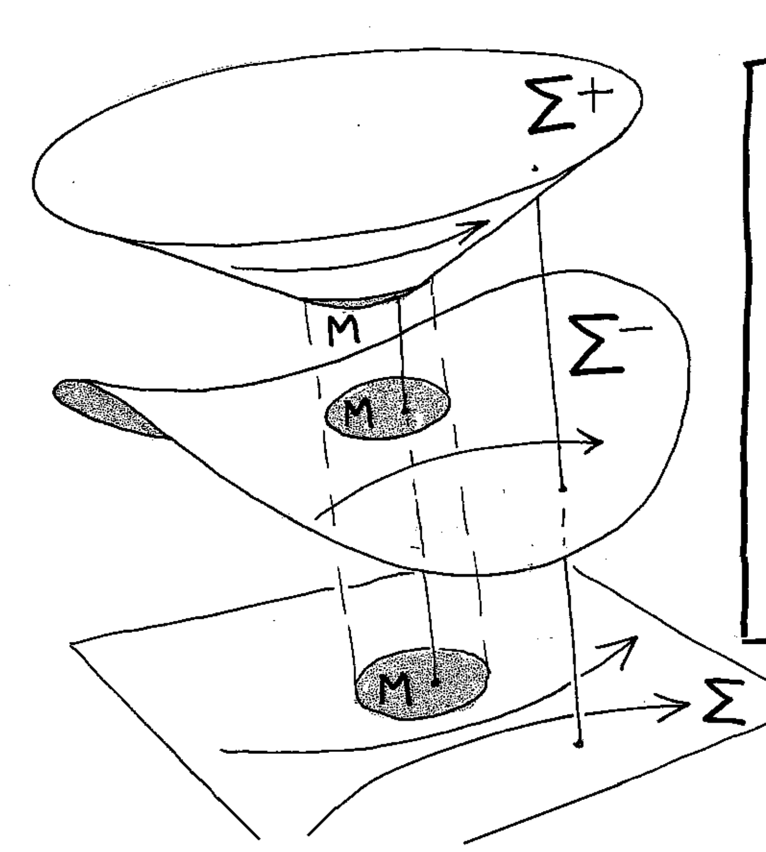

(*) J.P.Petit : The missing mass problem. Nuevo Cimento B, Vol. 109 July 1994, p 697-710




Simple: tu créés un POSICÔNE ÉMOUSSÉ sur la surface qui reçoit l'ÉNERGIE POSITIVE et un NÉGACONE ÉMOUSSÉ sur celle à laquelle tu prends de l'énergie, vers laquelle tu envois de l'ÉNERGIE NÉGATIVE. Et comme COURBURE égale ÉNERGIE, on aura, face à face, deux régions contenant des QUANTITÉS DE COURBURE égales, mais de DE SIGNES OPPOSÉS.



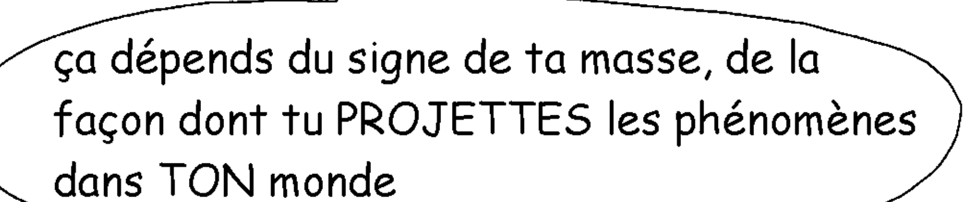
on appellera cela des GÉOMÉTRIES CONJOINTES




On peut associer des points $M^+$ et $M^-$ de ces deux surfaces. Les régions grises ont des courbures opposées. Les régions blanches des courbures nulles. Soient deux points $M_1^+$ et $M_2^+$ appartenant à $\Sigma^+$ et $(M_1^-, M_2^-)$ leurs POINTS CONJUGUÉES, sur la surface $\Sigma^-$ les ARCS GÉODÉSIQUES $\widehat{M_1^+ M_2^+}$ et $\widehat{M_1^- M_2^-}$ ne se projettent pas sur le plan Σ, représentation EUCLIDIENNE selon LES MÊMES COURBES.

ces deux surfaces $\Sigma^+$ et $\Sigma^-$ sont les deux "cavernes" de (PLATON)². Le plan $\Sigma$ est la REPRÉSENTATION EUCLIDIENNE que nous nous faisons du monde.
Les observateurs constitués de masses o pposées VOIENT les choses totalement différemment. Ce qui est PRÉSENCE pour l'un est ABSENCE pour l'autre (*)

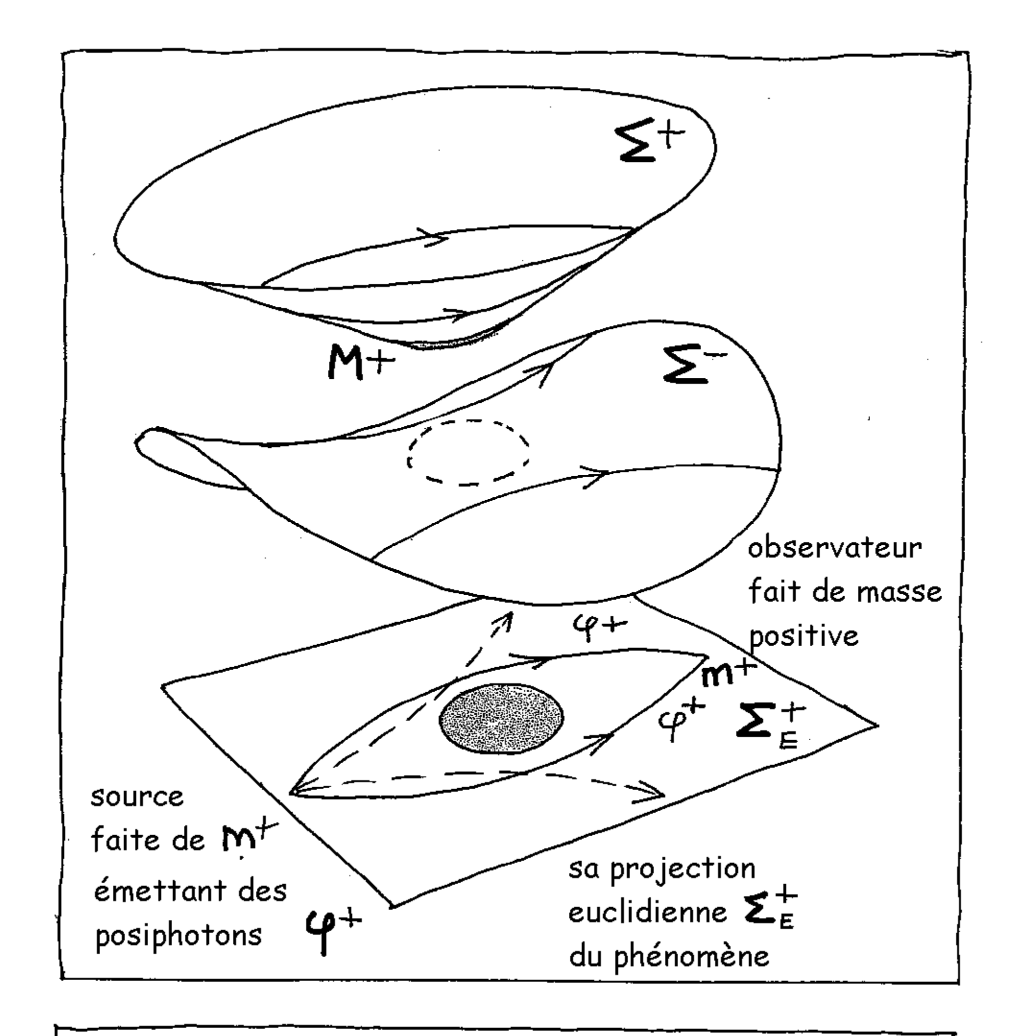


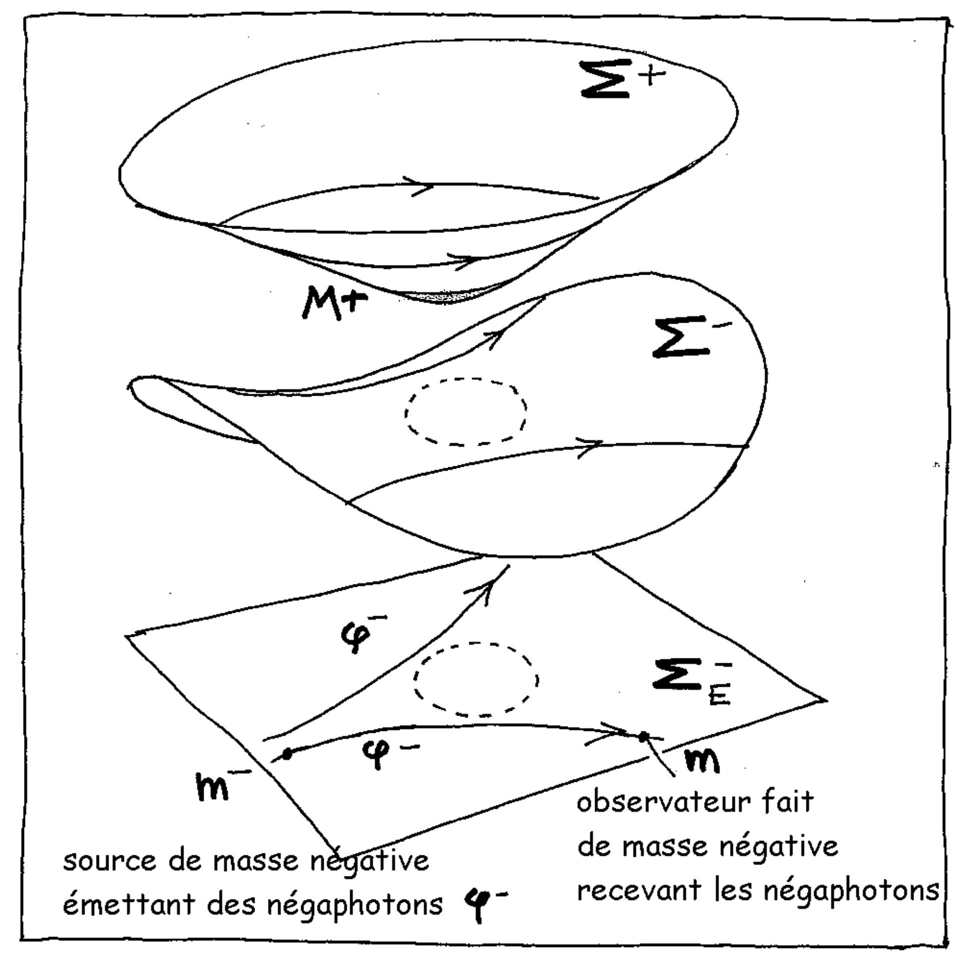




reprends la figure précédente. Suppose que tu soit fait de masse positive. Tu ne percevras que les projections des géodésiques de la nappe $\Sigma^+$ sur ta représentation euclidienne $\Sigma$. Tu ne percevras que les photons d'énergie positive, qui suivent les géodésiques de $\Sigma^+$ dans ce MONDE BIMÉTRIQUE $(\Sigma^+,\Sigma^-)$



(*) du point de vue QUANTIQUE ce qui est une PROBABILITÉ DE PRÉSENCE pour un observateur constitué de masse positive deviendra une PROBABILITÉ D'ABSENCE dans le NÉGAMONDE




un observateur fait de masse positive $m^+$ observera un EFFET DE LENTILLE GRAVITATIONNELLE POSITIF affectant les POSIPHOTONS, qui seuls peuvent faire réagir sa rétine et ses instruments de mesure.

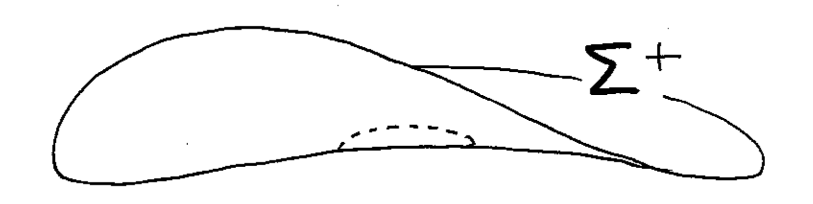
un observateur fait de masse négative $m^-$ observera un EFFET DE LENTILLE GRAVITATIONNELLE NÉGATIF affectant les NÉGAPHOTONS, qui seuls peuvent faire réagir sa rétine et ses instruments de mesure.







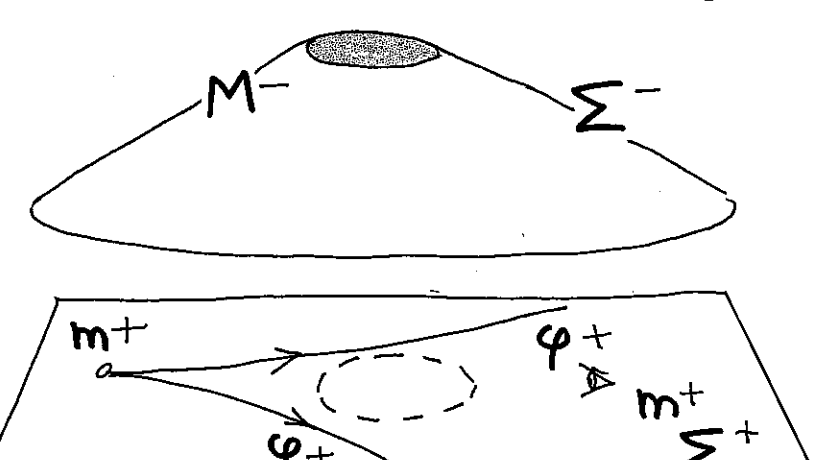
# CONCEPT DE MASSE APPARENTE



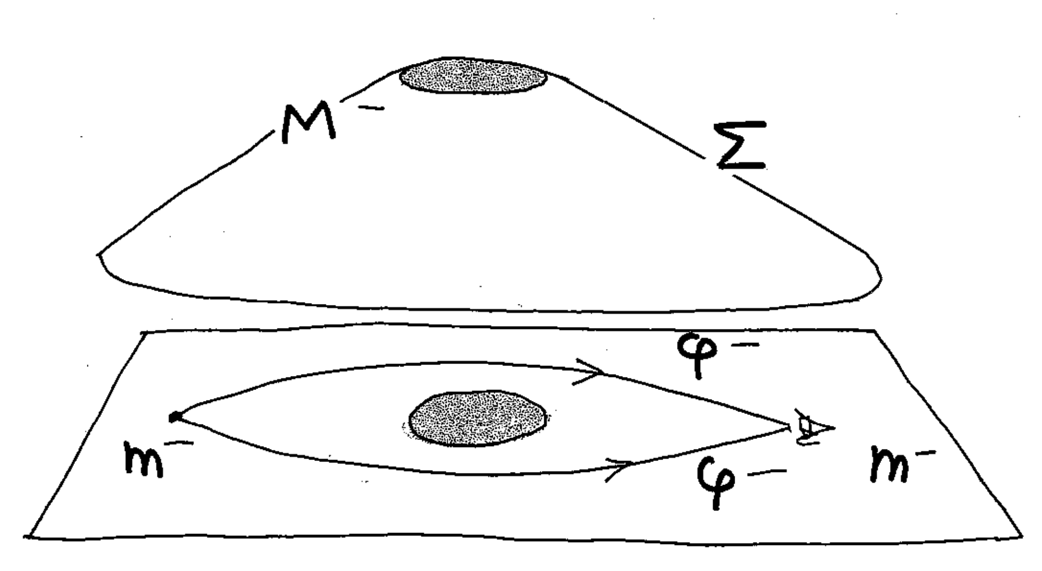




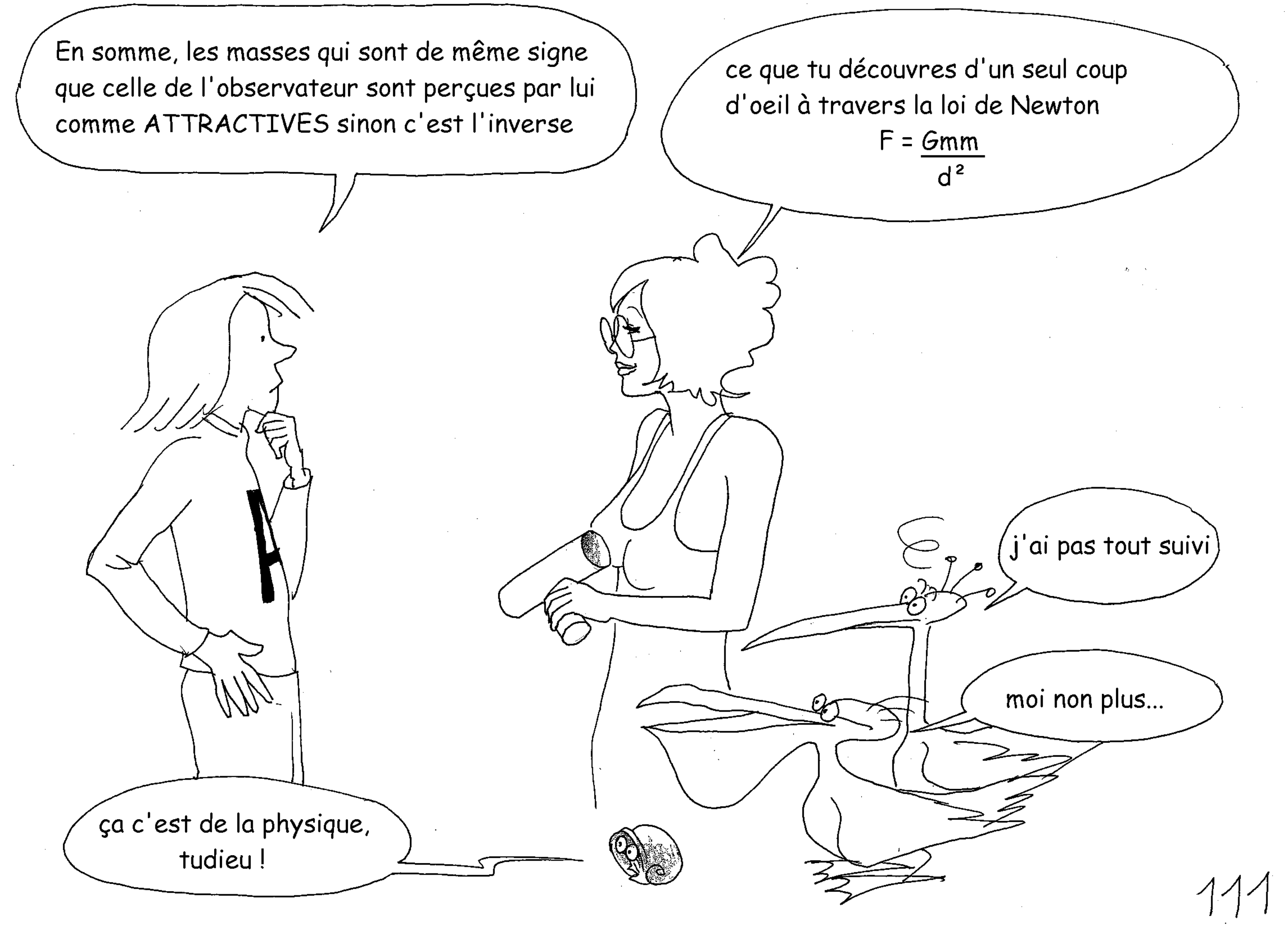
masse négative




observateur fait de masse positive :
effet de lentille gravitationnelle négatif

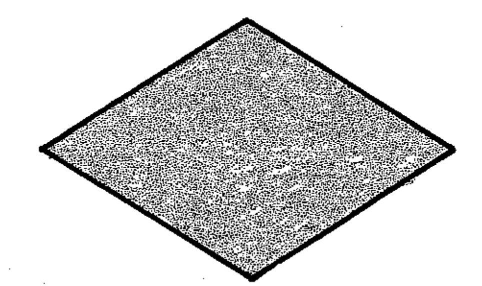



observateur fait de masse négative :
effet de lentille gravitationnelle positif


En somme, les masses qui sont de même signe que celle de l'observateur sont perçues par lui comme ATTRACTIVES sinon c'est l'inverse
ce que tu découvres d'un seul coup d'oeil à travers la loi de Newton
$F = \frac{Gmm}{d^2}$
j'ai pas tout suivi
moi non plus...
ça c'est de la physique, tudieu !

# ÉPILOGUE

Pour finir on va vous proposer un petit exercice pour illustrer l'idée que ce qui est courbure positive pour l'un est courbure négative pour l'autre. Pour ce faire nous allons imaginer un monde peuplé de masses positives et de masses négatives formant un pavage régulier. Il vous suffira d'assembler des losanges en carton pour former une alternance de POSICOINS et de NÉGACOINS.



Vous construirez la REPRÉSENTATION POLYÉDRIQUE ci-contre

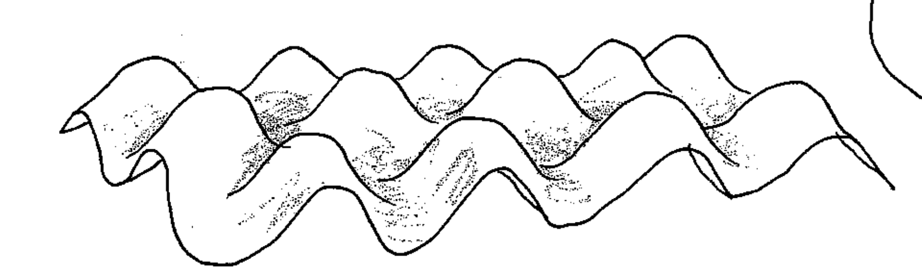
*La Direction*

POSICÔNE

NÉGACÔNE

NÉGACOIN

POSICOIN

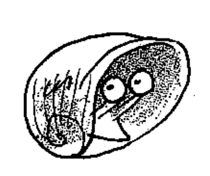


C'est comme les casiers conçus pour mettre les oeufs pondus par les POSIPOULES et les NÉGAPOULES

En décalant deux de ces structures vous mettrez face à face posicoins et négacoins.

Ah non, tu ne vas pas t'y mettre, toi aussi !!

Il y aurait beaucoup d'autres choses à vous dire, par exemple en DISCRÉTISANT ces grottes de (PLATON)$^2$ mais, comme l'a dit Kipling:



Ceci est une autre histoire.

# FIN

# ANNEXE 1
# LE POLYÈDRE DE DiEU

La science de notre temps est médiatisée à l'extrême. Dès qu'on évoque une idée, un projet, il faut vite lui accoler un mot raccoleur qui parle à l'imaginaire des gens. Il y a cinquante ans, l'objet dont on imaginait qu'il puisse décrire le destin d'une étoile à neutrons dont la masse, du fait des apports dûs au vent stellaire émis par une étoile compagne, puisse excéder la valeur critique de 2,5 masses solaires s'appelait **CORPS DE SCHWARZSCHILD** (*). Pas vendeur pour un sou. Le mot **COLLAPSAR** n'eut guère plus de succès. Mais quand John Archibald Wheeler proposa **TROU NOiR** le succès fut immédiat et planétaire. Même chose pour la **TOE** (théorie du tout = theory of everything), la **THÉORiE M** des gens des **SUPERCORDES**. En ce moment, nos modernes ploutophysiciens (de ploutos qui, en Grec, signifie "cher") traquent le boson de Higgs, déjà surnommé **LA PARTICULE DE DiEU**.

Pour sacrifier un instant à cette mode imbécile et vous faire sourire un peu, voici le polyèdre qui n'a qu'une seule face et une seule arête. On rappelle que edra, en grec signifie face, donc :

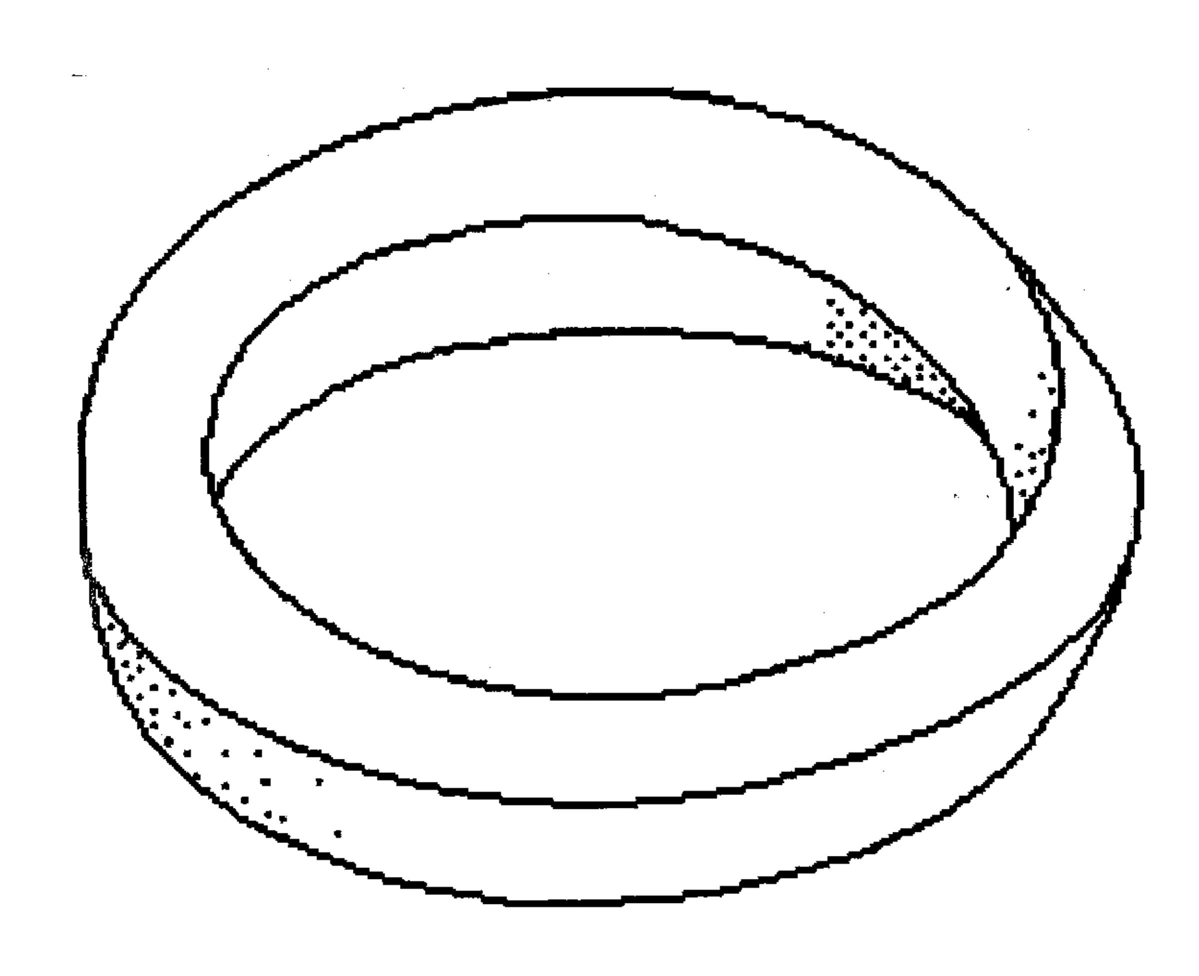
Voici donc le **MONOÈDRE** ou ...."**POLYÈDRE DE DiEU**"

*La Direction*

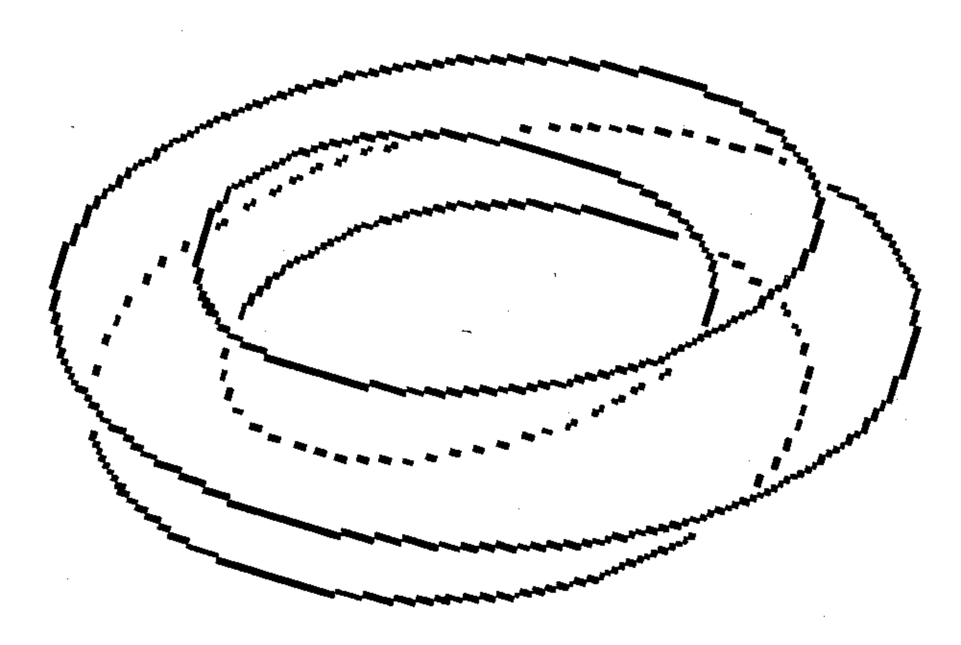
(*) Le modèle du "trou noir" repose sur un bricolage d'une solution de l'équation d'Einstein, due à Schwarzschild (1917) se réferant à une région de l'univers **ViDE**. Nous en reparlerons dans un futur album

# LE MONOÈDRE

On peut l'engendrer en faisant tourner un carré autour d'un axe contenu dans son plan et en lui imprimant une rotation de $\frac{\pi}{2}$ à chaque tour.



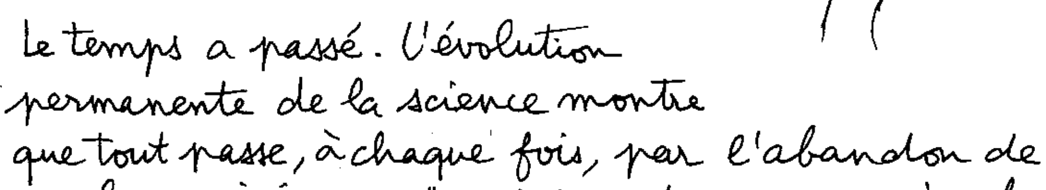
... ou en épaississant un ruban de Möbius



SON ARÈTE UNIQUE

# ANNEXE 2
# ESPACE-TEMPS & GROUPES

En 1850, Mikhail Valisevich Ostrogradsky à Bernhard Riemann




Le temps a passé. L'évolution permanente de la science montre que tout passe, à chaque fois, par l'abandon de quelque vision naïve issue de nos sens. Les faits nous montrent que les mathématiciens, et spécialement les géomètres ont eu sans cesse une vision des choses qui s'est révélée plus proche des expériences des physiciens et des observations des astronomes que des visions antérieures vouées à la désuétude. En maniant de nouveaux concepts, par le jeu du papier-crayon ils fabriquent, peut-être sans s'en rendre compte la réalité de demain. Pour comprendre par exemple la **RELATIVITÉ RESTREINTE** il va vous falloir opérer un véritable **LÂCHER PRISE** au plan de votre vision du monde.

Etes-vous prêt(e) à me suivre ?

la lettre **M** désignera une **MATRICE** carrée (n lignes, n colonnes)

un **VECTEUR COLONNE** en une matrice à n lignes et 1 colonne

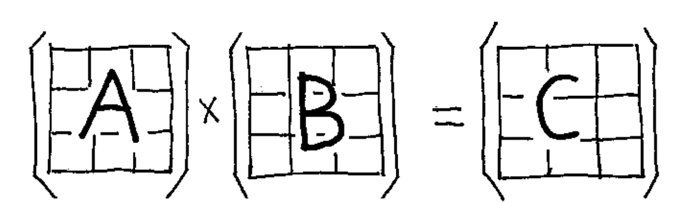
etc...

un **VECTEUR LIGNE** est une **MATRICE** à 1 ligne et n colonnes :

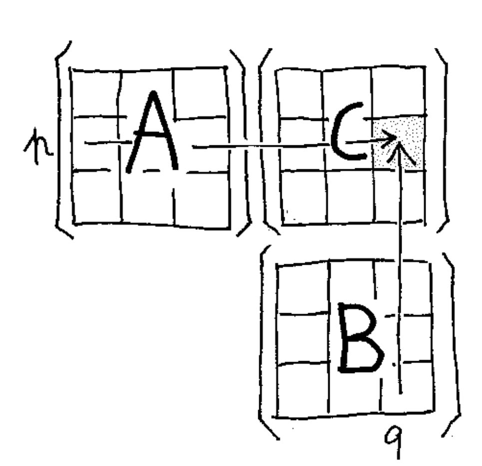
etc...

# MULTIPLICATION DE DEUX MATRICES CARRÉES DE MÊME FORMAT

(possédant le même nombre de lignes = nombre de colonnes)




C = A x B     on multiplie "LIGNES-COLONNES"



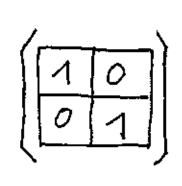
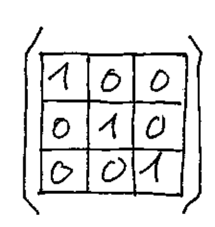
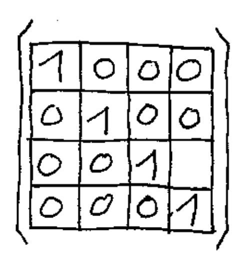
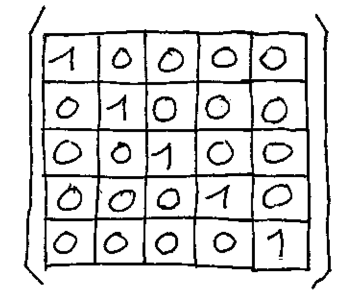

moyen mnémotechnique : on dispose les deux matrices **A** et **B** du **PRODUIT MATRICIEL A x B** comme ci-contre et on multiple termes à termes, en les additionnant les termes de la ligne p de la matrice **A** par les terme de la colonne q de la matrice **B**. On obtient ainsi le terme de la matrice **C = A x B** situé sur sa $p^{ième}$ ligne et sa $q^{ème}$ colonne

**FONDAMENTAL : CE PRODUIT N'EST PAS, EN GÉNÉRAL, COMMUTATIF**

$$A \times B \neq B \times A \quad !$$

# MATRICES UNITÉ I

associée à tout ensemble de matrices carrées à n lignes, n colonne [on dit "de format (n, n)"] on associe des matrices unité, notées par la lettre **I**

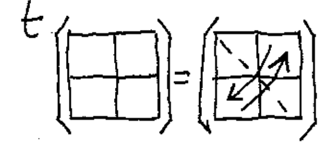
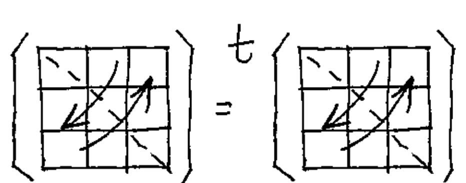
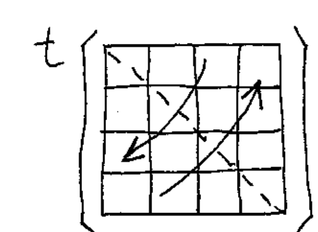
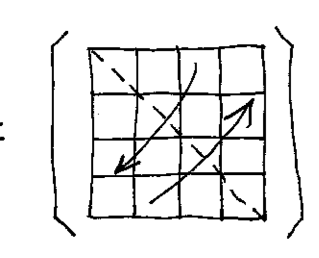
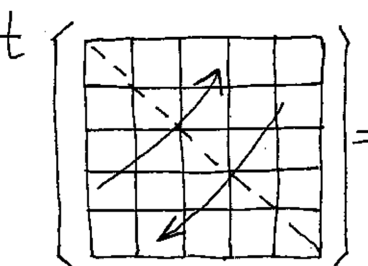
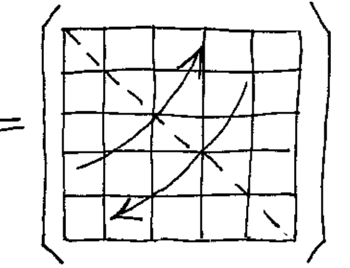
etc...

on a :

$$A \times I = I \times A = A$$

# TRANSPOSÉE D'UNE MATRICE, NOTÉE ${}^tA$

c'est le symétrique du tableau carré par rapport à sa **DIAGONALE PRINCIPALE**

etc...

**ON POSERA** que la transposée d'un vecteur, d'une matrice colonne :

$$X = \begin{pmatrix} \square \\ \square \\ \square \\ \square \end{pmatrix}$$

est la matrice-ligne correspondante :

$$^tX = \begin{pmatrix} \square & \square & \square & \square \end{pmatrix}$$

## MULTIPLICATION D'UNE MATRICE COLONNE OU LIGNE PAR UNE MATRICE CARRÉE

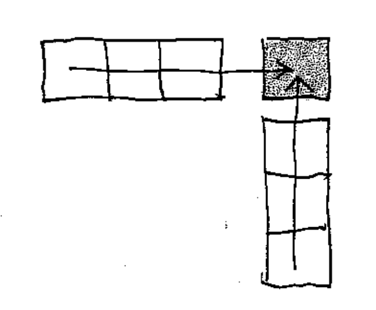
Pour la matrice ~~l~~colonne, **MULTIPLICATION À GAUCHE** :

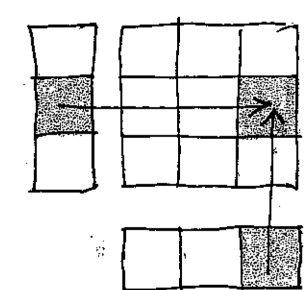
$$A \times X = \begin{pmatrix} \square & \square & \square \\ \square & \square & \square \\ \square & \square & \square \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} \square \\ \square \\ \square \end{pmatrix}$$

Pour la matrice ligne, **MULTIPLICATION À DROITE** :

$$A \times {}^tX = \begin{pmatrix} \square & \square & \square \\ \square & \square & \square \\ \square & \square & \square \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} \square & \square & \square \end{pmatrix}$$

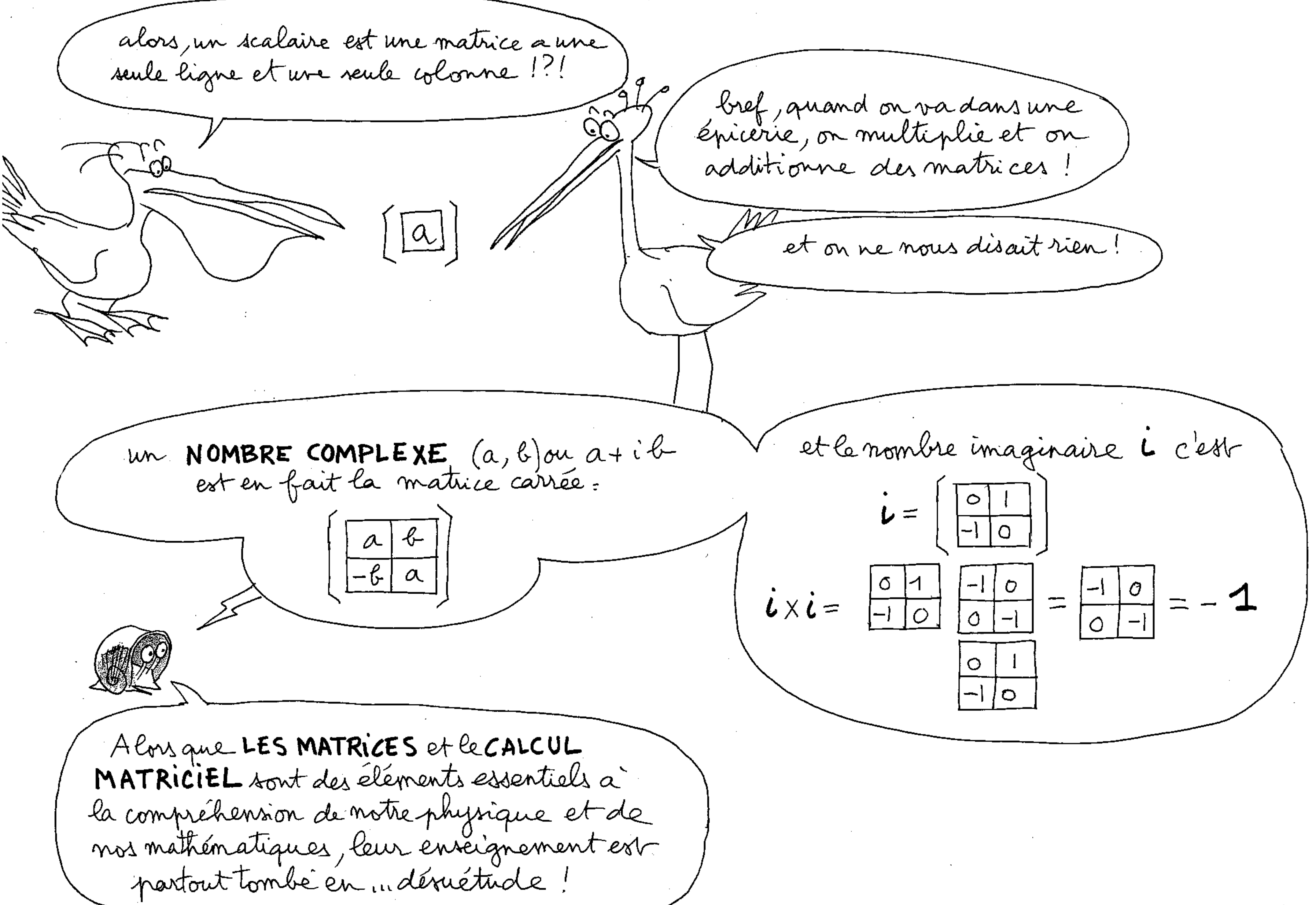
## PRODUITS D'UNE MATRICE COLONNE ⇄ ET D'UNE MATRICE LIGNE





$^tX \times X$ = matrice à 1 ligne, 1 colonne = **SCALAIRE**

$X \times {}^tX$ = matrice carrée de format $(n, n)$


alors, un scalaire est une matrice a une seule ligne et une seule colonne !?!
bref, quand on va dans une épicerie, on multiplie et on additionne des matrices !
et on ne nous disait rien !
[a]
un NOMBRE COMPLEXE (a, b) ou a + ib est en fait la matrice carrée :
a b
-b a
et le nombre imaginaire i c'est
i =
0 1
-1 0
i x i =
0 1
-1 0
-1 0
0 -1
0 1
-1 0
=
-1 0
0 -1
= - 1
Alors que LES MATRICES et le CALCUL MATRICIEL sont des éléments essentiels à la compréhension de notre physique et de nos mathématiques, leur enseignement est partout tombé en ... désuétude !

Les matrices carrées peuvent posséder un **INVERSE**, noté $A^{-1}$ tel que :

$$A^{-1} \times A = A \times A^{-1} = I$$

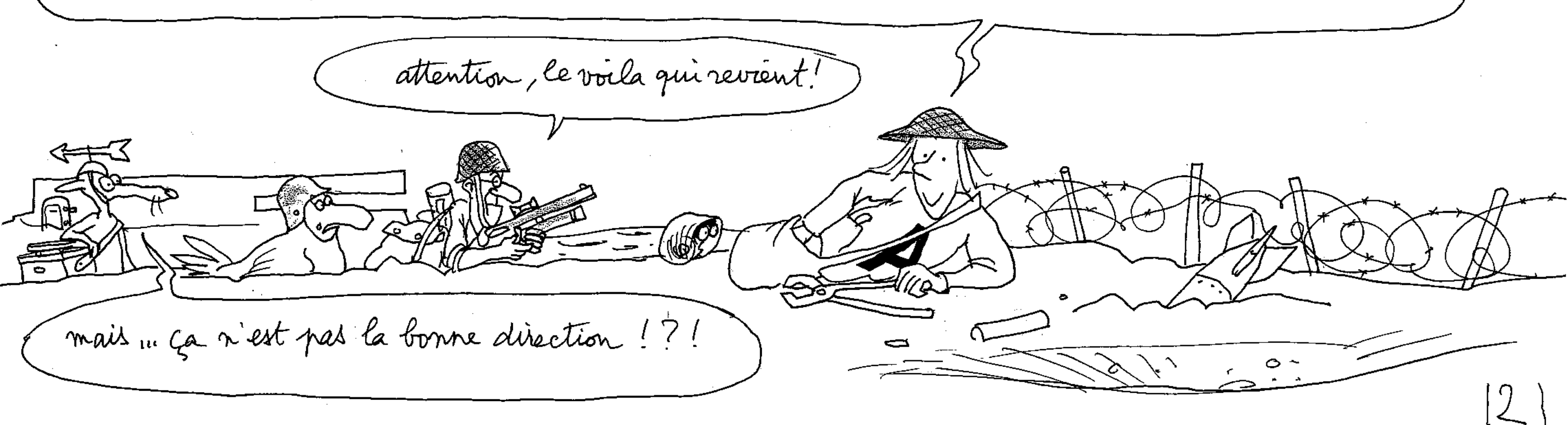
- Un premier théorème, sans démonstration :

$$(A \times B)^{-1} = B^{-1} \times A^{-1}$$

Un second théorème, sans démonstration :

$$^{t}(A \times B) = {}^{t}B \times {}^{t}A$$

- Les démonstrations sont faciles, mais sans grand intérêt (si le cœur vous en dit...)



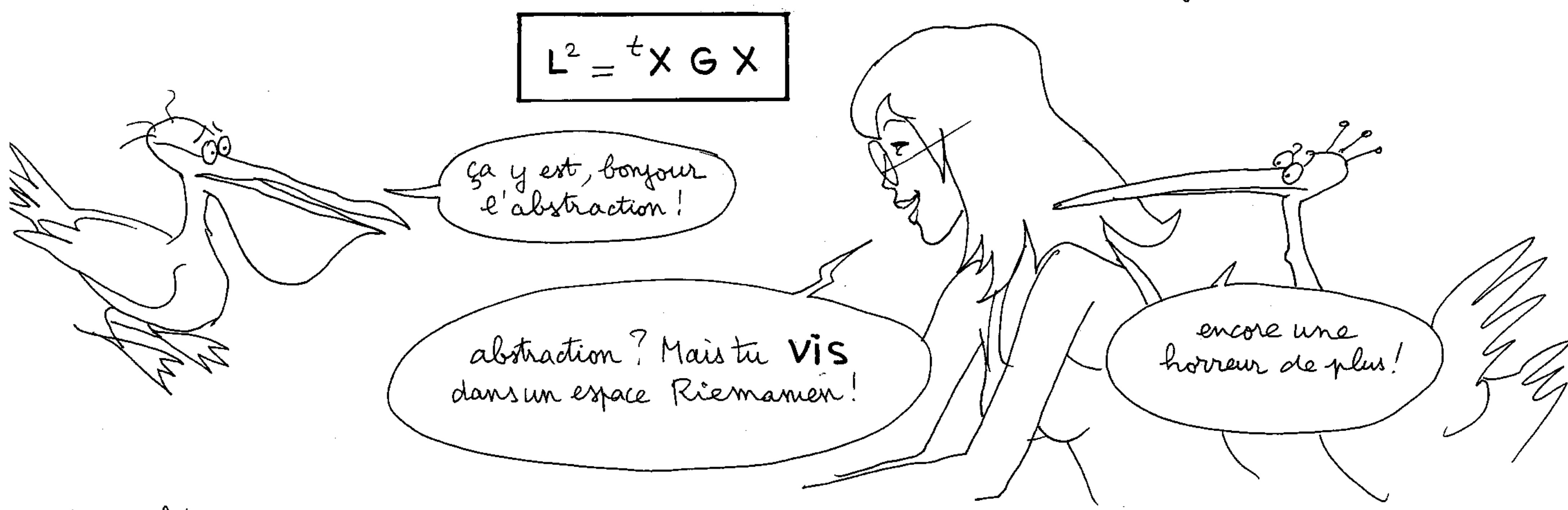
# ESPACES RIEMANIENS (*)

on appelera **MATRICES DE GRAM** des matrices carrées dont les termes non digonaux sont nuls et dont les terme de la **DIAGONALE PRINCIPALE** valent ± 1

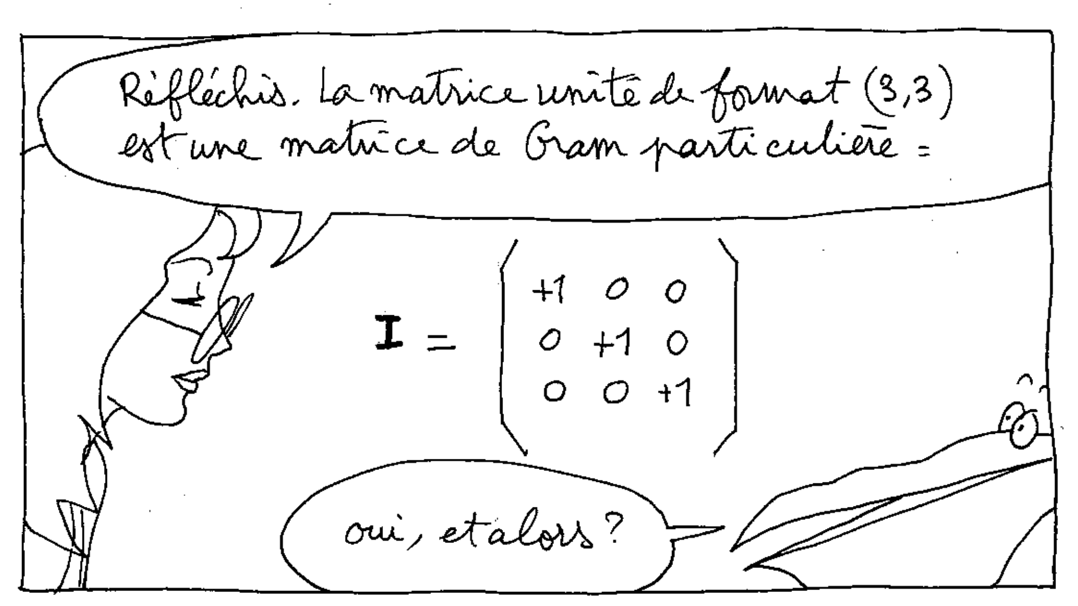
$$\begin{pmatrix} \pm1 & 0 \\ 0 & \pm1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \pm1 & 0 & 0 \\ 0 & \pm1 & 0 \\ 0 & 0 & \pm1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \pm1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \pm1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \pm1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \pm1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \pm1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \pm1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \pm1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \pm1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \pm1 \end{pmatrix} \text{ etc...}$$

Soit un vecteur **X** appartenant à un espace $\mathcal{E}$, à n dimensions. On dira que cet espace est **RIEMANIEN** si le carré de la longueur du vecteur **X** se définit par :

$$L^2 = {}^tX\,G\,X$$




(*) Les mathématiciens ne sont pas tous d'accord sur la terminologie. Disons que nous décidons de regrouper sous cette appellation les espaces ayant une signature constituée par des signes ± 1




pose $\mathbf{X} = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}$, donc ${}^t\mathbf{X} = [x, y, z]$

et $L^2 = {}^t\mathbf{X}\,\mathbf{I}\,\mathbf{X} = {}^t\mathbf{X}\mathbf{X} = x^2 + y^2 + z^2$

qui est le carré de la **LONGUEUR EUCLIDIENNE** $L = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$

# SIGNATURE

La Signature de ces espaces est la suite des signes de la métrique de Gram. Dans le cas de l'espace euclidien à trois dimensions, c'est

$$(+ + +)$$

Dans un espace à deux dimensions la matrice de Gram correspondant à un espace euclidien serait $\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$ et la signature $(+ +)$

Nous allons maintenant nous poser la question suivante : existe-t-il un ensemble de matrices $\mathbf{M}$ qui, agissant sur le vecteur $\mathbf{X} = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$ préservent sa longueur ?

Nous allons effectuer de manière formelle le calcul dans le cas le plus général, celui d'un espace riemanien à n dimensions, défini par sa matrice de Gram **G**.
Soit **M** une matrice agissant sur le vecteur **X** en le transformant en un vecteur :

$$X' = MX$$

le carré de la longueur, de la norme du vecteur **X'** est

$$L'^2 = {}^tX' G X' = {}^t(MX)\, G\, (MX) = ({}^tX\, {}^tM)\, G'(MX) = {}^tX({}^tMGM)X$$

Les longueurs **L'** et **L** seront égales si :

$$\boxed{{}^tMGM = G}$$

Appliquons cela à un espace euclidien de dimension n :

$$\boxed{{}^tMM = I}$$

Ce qui signifie tout simplement que :

$$\boxed{M^{-1} = {}^tM}$$

On qualifie ces matrice d'orthogonales. Nous allons expliciter dans le cas 2 d

$$M = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} \qquad \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} a & c \\ b & d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$a^2 + b^2 = 1 \quad ; \quad c^2 + d^2 = 1 \quad ; \quad ac + bd = 0$

on cherche les matrices $\mathbf{M} = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix}$ qui satisfont ces relations

Ces matrices **M** forment un ensemble $\mathcal{M}$ nous allons voir qu'elles forment un

# GROUPE

voilà le mot magique de la physique qui est lâché. Mais qu'est-ce qu'un groupe ? C'est un ensemble de trucs qui agissent sur un ensemble de machins. En l'occurence ici les trucs sont des **MATRICES** et les machins les points, ou les ensembles de point d'un espace. Souriau a coutume de dire :

- Un groupe c'est fait pour transporter
- La façon de transporter vaut mieux que ce que l'on transporte.

Dans la BD on avait lu "dis-moi comment tu te meus, je te dirai QUOI tu es."
La, on pourrait dire :

> – Dis moi comment tu te laisses transporter et je te dirai à quelle famille d'êtres géométriques tu appartiens. Bref, dans quel espace tu habites.

D'ou la relation étroite **GROUPE** ⇄ **GÉOMÉTRIE**

Les axiomes qui définissent un groupe ont été introduits par le Norvégien Sophus Lie. On appelle aussi les groupes de matrices des **GROUPES DE LIE**. Passons aux Axiomes.

- Soit un ensemble de machins agissant les uns sur les autres. Appelons-les $\alpha, \beta, \gamma \ldots$ Ils forment un ensemble $\mathcal{E}$
- On peut les composer à travers une **LOI DE COMPOSITION** qu'on écrira $\gamma = \alpha \circ \beta$

**1** : si $\alpha$ et $\beta$ appartiennent à l'ensemble, $\alpha \circ \beta$ appartient aussi à l'ensemble
on dit que cette loi de composition est **INTERNE** (au groupe $\mathcal{E}$)
(les chiens ne font pas des chats)

**2** : Il existe un élément, appelons-le $e$, dit **ÉLÉMENT NEUTRE**, tel que pour tout élément $\alpha$ du groupe, on ait

$$e \circ \alpha = \alpha \circ e = \alpha$$

**3** : Tout élément $\alpha$ possède un **RÉCIPRQUE**, noté $\alpha^{-1}$ tel que :

$$\alpha \circ \alpha^{-1} = e$$

**4** : l'opération de composition est associative, c'est à dire que :

$$(\alpha \circ \beta) \circ \gamma = \alpha \circ (\beta \circ \gamma)$$

On ne se servira pratiquement JAMAIS de ce quatrième axiome. En effet il est au contraire très difficile de trouver des opérations de composition **NON-ASSOCIATIVES**

Le physicien ne travaillera **QUE** sur des **GROUPES DE MATRICES** appelés aussi **GROUPES DE LIE**.
On aura des **ENSEMBLES DE MATRICES** **CARRÉES** **M**

- L'opération de composition o sera la **MULTIPLICATION MATRICIELLE** $M_1 \times M_2$ **NON-COMMUTATIVE**.
- L'Elément neutre **e** sera systématiquement la matrice unité **I** dans le format considéré $(n,n)$

# GROUPES DISCRETS

On appelle ainsi des groupes (ici, de matrices) formant des ensembles à un nombre fini d'éléments
les matrices de Gram a 2 lignes, deux colonnes forment un groupe à quatre éléments.

$$g = \begin{bmatrix} \pm 1 & 0 \\ 0 & \pm 1 \end{bmatrix} \qquad \left\{ \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \right\}$$

accessoirement, elles sont identiques à in leur inverse. Que representent - elles.
faisons les **AGIR** sur les vecteur $\mathbf{X} = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$ d'un espace 2d

$$\begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -x \\ y \end{bmatrix}$$ symétrie par rapport à l'axe oy

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x \\ -y \end{bmatrix}$$ symétrie par rapport à l'axe ox

$$\begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -x \\ -y \end{bmatrix}$$ symétrie par rapport à l'origine

Nos conditions sont satisfaites : les symétries conservent les longueurs

# GROUPE A 1 ( OU PLUSIEURS ) PARAMÈTRES

les matrices $\begin{pmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix}$ obéissent à nos critères et constituent le groupe des rotations du plan autour de l'origine.

c'est un groupe à 1 paramètre (l'angle $\theta$)

le nombre de paramètres est appelé la **DIMENSIONS DU GROUPE**, mais ça n'a rien à voir avec la dimension de l'espace sur lequel on le fera **AGIR**

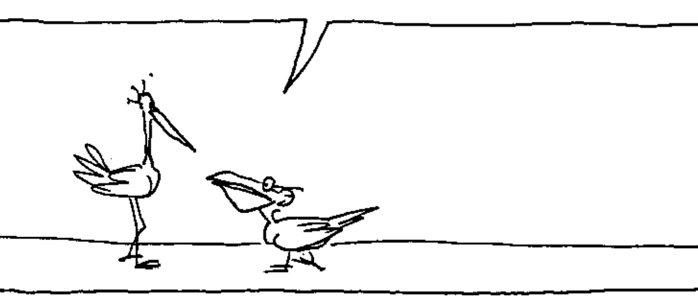


jusqu'ici j'ai l'impression de comprendre. Ça a l'air simple, somme toute, non ?

on dit ça. Mais avec l'auteur, moi je me méfie. Ça commence simple, mais soudain il vous fait fumer les neurones, grave...

il y a des niveaux de réflexion où le cerveau devrait être équipé d'un fusible !

le **TOPOLOGICON**, moi je ne m'en suis jamais vraiment bien remis



les matrices $\begin{pmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix}$ forment un groupe nommé SO(2), pour "spécial orthogonal"

# ORIENTATION

En multipliant cette matrice par une des deux matrices inversant les objets ( **R ⇄ Я** ) comme par exemple cette qui opère une symétrie par rapport à l'axe oy on obtient :

$$\begin{pmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\cos\theta & \sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix}$$

On remarquera que $\theta = \pi$ donne la symétrie par rapport à l'axe OX

On obtient un second ensemble de matrices qui sont aussi des matrices orthogonale puisqu'obéissant à ${}^t\mathbf{M}\mathbf{M}=\mathbf{I}$. La réunion de ces deux ensembles constitue le **GROUPE ORTHOGONAL** O(2). On dira que ce groupe, dont nous appelerons l'élément **a** a **DEUX COMPOSANTES**.

O(2) → SO(2) → $\begin{pmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix}$ qui constitue un **SOUS-GROUPE** du groupe O(2) lequel n'inverse pas les objets **R → R**

O(2) → $\begin{pmatrix} -\cos\theta & \sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix}$ qui n'est pas un groupe (cet ensemble ne contient pas l'élément neutre). Ses éléments **INVERSENT** les objets : **R ⇄ Я**

# GROUPE D'ISOMÉTRIE

L'ensemble des actions conservant les longueurs, dans un espace à deux dimensions combinent :

- Rotations
- Symétries
- Translations

ce qui peut se traduire à l'aide de matrices :

E(2) → SE(2) →

$$\begin{pmatrix} \cos\theta & -\sin\theta & \Delta x \\ \sin\theta & \cos\theta & \Delta y \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} x\cos\theta - y\sin\theta + \Delta x \\ x\sin\theta + y\cos\theta + \Delta y \\ 1 \end{pmatrix}$$

R → R

E(2) →

$$\begin{pmatrix} \cos\theta & \sin\theta & \Delta x \\ \sin\theta & \cos\theta & \Delta y \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -x\cos\theta + y\sin\theta + \Delta y \\ x\sin\theta + y\cos\theta + \Delta y \\ 1 \end{pmatrix}$$

R ⇄ Я

On obtient le **GROUPE D'EUCLIDE 2D** E(2) qui est le **GROUPE D'ISOMÉTRIE** de l'**ESPACE EUCLIDIEN À DEUX DIMENSIONS**. Sa première **COMPOSANTE** SE(2) ("Spécial Euclide 2d") forme un **SOUS-GROUPE**. La seconde est un ensemble de matrices **QUI INVERSENT LES OBJETS**, mais ne constitue pas un groupe

En 2d il est possible d'expliciter complètement les calculs. Ce qui a été fait en 2d peut être étendu en 3d. La matrice de Gram est la matrice unité 3d

$$I = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \qquad X = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}$$

Le carré de la longueur est $L^2 = {}^tX\,I\,X$, la signature $(+\ +\ +)$

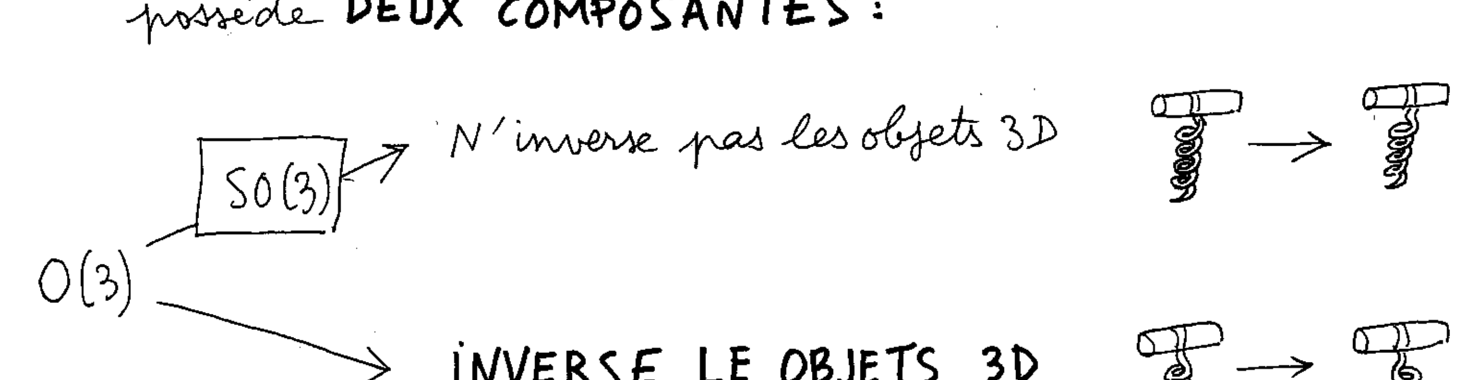
Soit une matrice $M$ agissant sur le vecteur $X$ selon $X = M X'$

La conservation de la longueur conduit à $L'^2 = {}^tX' I X' = {}^t(MX)(MX) = {}^tX({}^tMM)X$

$L' = L$ si :

$$\boxed{{}^tMM = I \quad \text{ou} \quad M^{-1} = {}^tM}$$

Les matrices jouissant de cette propriété, qui sont des matrices carrées (3, 3) sont dites **ORTHOGONALES** et constituent le **GROUPE ORTHOGONAL** O(3), qui possède **DEUX COMPOSANTES** :




(SYMÉTRIE MIROIR)

En ajoutant le vecteur translation

$$\mathbf{C} = \begin{pmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \end{pmatrix}$$

On construit le groupe d'Euclide 3D E(3) qui hérite de la propriété du groupe orthogonal O(3) autour duquel il est construit, dont on appelera l'élément **a** et qu'on écrira :

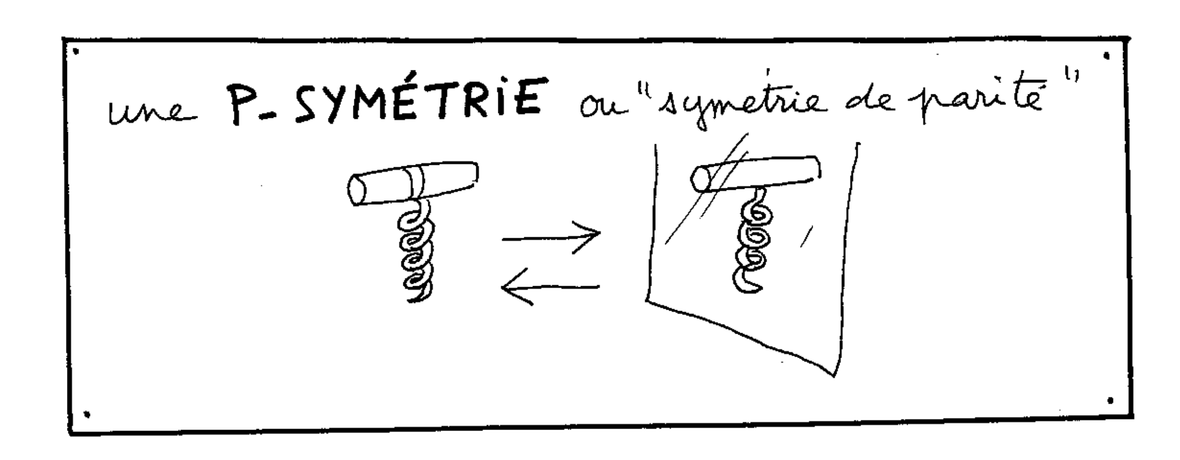
$$\mathbf{O} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \qquad \begin{pmatrix} \mathbf{a} & \mathbf{c} \\ \mathbf{0} & 1 \end{pmatrix} = \left(\begin{array}{ccc|c} & \mathbf{a} & & \Delta x \\ & (3,3) & & \Delta y \\ & & & \Delta z \\ \hline 0 & 0 & 0 & 1 \end{array}\right) \text{ agissant sur } \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix}$$

cette **ACTION**, écrite sous forme matricielle permet aux éléments du groupe d'euclide 3D E(3) d'agir sur les vecteurs **X** diffère des multiplications matricielles habituelles du genre

$$X' = M X$$

qui n'est qu'une forme d'**ACTION** parmi d'autres. Le concept d'action est essentiel et nous nous en resservirons par la suite.

La moitié des matrices constituant le groupe d'euclide transforme les objets orientables (le tire-bouchon) en leur image en miroir. On dira qu'ils operent




## QUAND LES MATHÉMATICIENS INVENTENT LES MIROIRS

C'est là que le mathématicien précède le physicien, pour certaines démarches. Après avoir pratiqué les rotations et les translations le mathématicien invente la notion de groupe, les matrices de Gramm, construit le **SOUS-GROUPE** SE(3), qui n'inverse pas les objets en les **TRANSPORTANT PHYSIQUEMENT**. Mais le groupe sécrète des éléments que le simple transport physique ne peut créer. En combinant rotations et translations on ne pourra jamais créer une **TIRE-BOUCHE GAUCHE** à partir d'un **TIRE-BOUCHON DROIT**. Or le groupe complet prédit "l'existence" de tels objets, habitant "de l'autre côté du miroir, **ÉNANTIOMORPHES**



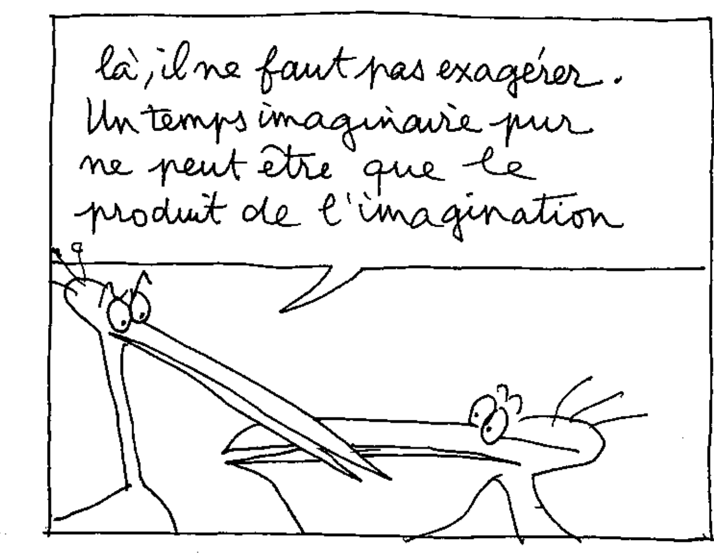
ainsi donc, nous pensons habiter dans un espace **RIEMANIE ELLIPTIQUE**, ou **ESPACE EUCLIDIEN 3d**, de signature (+ + +) qui nous donne entre autre le **THÉORÈME DE PYTHAGORE**. Mais quid d'espaces à signature (− − −) ?

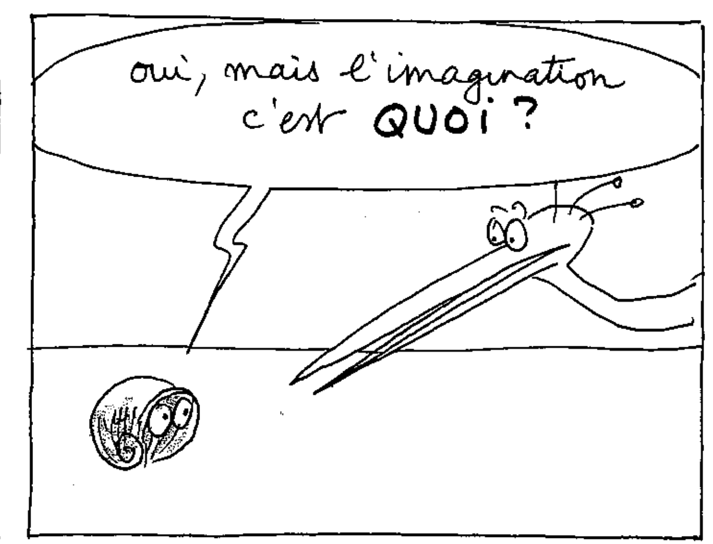


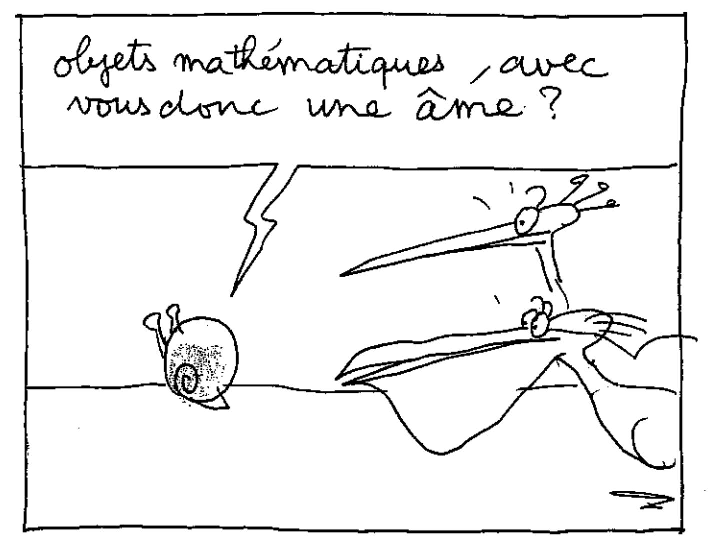
on les appelle **IMPROPREMENT EUCLIDIENS**. Les longueurs sont **IMAGINAIRES PURES** :

$$L = \sqrt{-x^2 - y^2 - z^2}$$

on reviendra à la fin de tout cela sur d'étranges espaces-temps où le temps est imaginaire pur



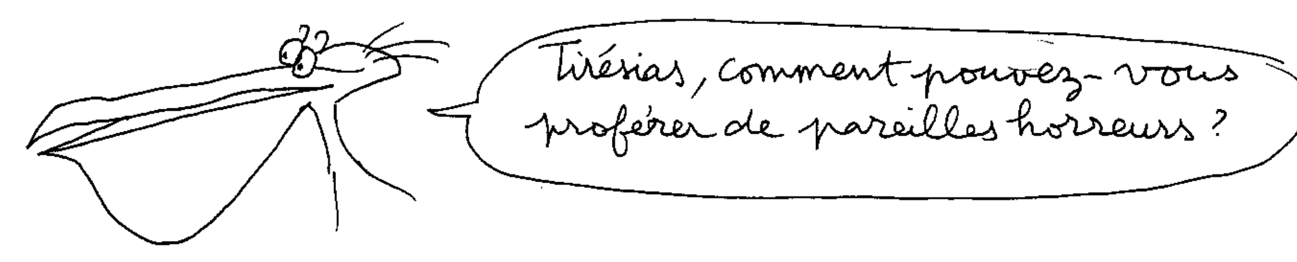



# ESPACE RIEMANIENS HYPERBOLIQUES

Ce sont ceux dont la **SIGNATURE** comporte des signes + et des signes −
L'émergence de la **THÉORIE DE LA RELATIVITÉ RESTREINTE** a simplement consisté à réaliser qu'au lieu de vivre dans un espace euclidien de signature (+ + +) : une **HYPERSURFACE 3d** perpendiculaire au temps, nous vivions dans un espace riemanien hyperbolique, de signature (+ − − −), **L'ESPACE DE MINKOWSKI**






La matrice de **GRAM** est alors

$$G = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}$$

changeons de lettre pour désigner un vecteur de l'espace-temps :

$$\xi = \begin{pmatrix} t \\ x \\ y \\ z \end{pmatrix}$$

on définira un vecteur translation spatio-temporelle qu'on écrira :

$$C = \Delta\xi = \begin{pmatrix} \Delta t \\ \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \end{pmatrix}$$

on considerera des vecteurs infinitésimaux :

$$d\xi = \begin{pmatrix} dt \\ dx \\ dy \\ dz \end{pmatrix}$$

on obtiendra alors (en faisant c, vitesse de la lumière, = 1) la longueur infinitésimale :

$$ds^2 = {}^t d\xi \, G \, d\xi = dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2$$

qu'on appelera **MÉTRIQUE** (de **MINKOWSKI**) et qu'on pourra écrire avec un simple changement de variables =

$$c^2 d\tau^2 = c^2 dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2$$

Nous allons procéder comme nous l'avions fait pour le groupe d'Euclide et l'espace euclidien. Nous allons débuter par un espace-temps 2d :

$$\eta = \begin{pmatrix} t \\ x \end{pmatrix}$$

où l'élément de longueur, sa métrique 2d est $ds^2 = {}^t d\eta \, G \, d\eta$
avec, comme métrique de Gram =

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$$

Nous allons construire le **GROUPE D'ISOMÉTRIE** de cet espace.

On va procéder comme on l'a fait pour l'espace euclidien. Abandonnons un instant la présentation sous forme différentielle. Nous allons rechercher un groupe de matrices **L**, agissant sur le vecteur $\xi$ selon :

$$\xi' = L\,\xi$$

qui préserve cette étrange "longueur hyperbolique", c'est à dire telle que :

$$L'^2 \quad {}^t\xi' G\, \xi' \quad {}^t(L\xi)\, G\, (L\xi) \quad {}^t\xi\,({}^tL G L)\,\xi = L^2 = {}^t\xi\, G\, \xi \quad \text{si :}$$

$$\boxed{{}^tL G L = G}$$

en 4 d ce sont des matrices 4 lignes, 4 colonnes, de format (4,4). La formule ci-dessus est la définition du groupe (de matrices) de **LORENTZ**.

Pour pouvoir expliciter, nous allons nous limiter à un espace-temps 2-1 $(t, x)$

$$L = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} \qquad \begin{bmatrix} a & c \\ b & d \end{bmatrix}\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$$

soit $a^2 - c^2 = 1$ ; $b^2 - d^2 = -1$ ; $ab - cd = 0$

ce qui nous fournit une première $\begin{bmatrix} \operatorname{ch}\eta & \operatorname{sh}\eta \\ \operatorname{sh}\eta & \operatorname{ch}\eta \end{bmatrix}$

puisque $\operatorname{ch}^2\eta - \operatorname{sh}^2\eta = 1$

⇨ Les lignes trigonométriques sont remplacées par les lignes hyperboliques

$$\begin{cases} ch\,\eta = \dfrac{e^{\eta}+e^{-\eta}}{2} \\ sh\,\eta = \dfrac{e^{\eta}-e^{-\eta}}{2} \end{cases} \qquad \begin{cases} \cos\theta = \dfrac{e^{i\theta}+e^{-i\theta}}{2} \\ \sin\theta = \dfrac{e^{i\theta}-e^{-i\theta}}{2i} \end{cases} \qquad z = e^{i\theta} = \cos\theta + i\sin\theta$$

Le **GROUPE DE LORENTZ** est l'équivalent des rotations, dans l'espace de **MINKOWSKI**

# GROUPE DISCRET

Les matrices de Gram 2d sont des matrices de Lorentz, obéissant à

$$^{t}LGL = G$$

$^{t}GGG = G$ avec $GG = I$ et $^{t}G = G$, donc en 2d nous avons le groupe discret :

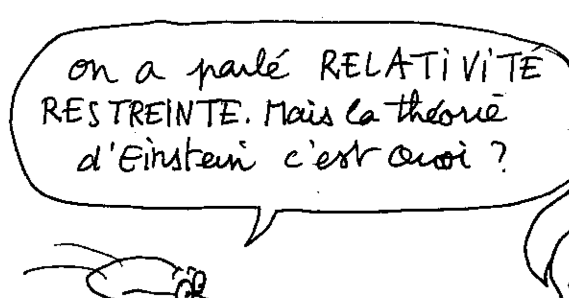
$$\left\{ \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \right\}$$

Nous obtiendrons le groupe de Lorentz complet, à quatre composantes

| | | | |
|---|---|---|---|
| $\begin{bmatrix} ch\eta & sh\eta \\ sh\eta & ch\eta \end{bmatrix}$ | $\begin{bmatrix} ch\eta & -sh\eta \\ sh\eta & -ch\eta \end{bmatrix}$ | $\begin{bmatrix} -ch\eta & sh\eta \\ -sh\eta & ch\eta \end{bmatrix}$ | $\begin{bmatrix} -ch\eta & -sh\eta \\ -sh\eta & -ch\eta \end{bmatrix}$ |

SOUS-GROUPE ORTHOCHRONE (deux premières matrices) — SOUS-ENSEMBLE ANTICHRONE (deux dernières matrices)

# RELATIVITÉ RESTREINTE

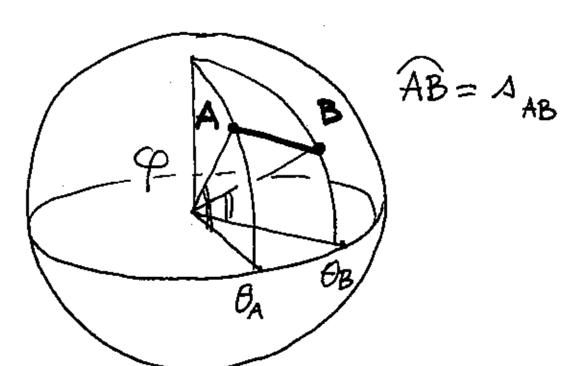



reprends le calcul de la **LONGUEUR** dans cet espace de Riemann hyperbolique qu'est **L'ESPACE DE MINKOWSKI** sous forme différentielle, donnée par sa **MÉTRIQUE** :

$$ds^2 = c^2 d\tau^2 = c^2 dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2$$

Cela veut dire que nos **MOUVEMENTS SONT INSCRITS** (*) sur une hypersurface 4d. Sur celle-ci $(x, y, z, t)$ sont des **COORDONNÉES**. Dans **PLUS RAPIDE QUE LA LUMIÈRE** on explique que le plaquage d'un système de coordonnées sur cette hypersurface correspond à la lecture faite par le **PHYSICIEN** de cette hypersurface où la seule grandeur **INTRINSÈQUE** est la longueur s. Il y a le même rapport entre ces coordonnées et cette longueur S, qui se mesure en **MÈTRES** et qu'on convertit en **TEMPS PROPRE** $\tau$ grâce à la relation $ds = c\,d\tau$ où c est une vitesse caractéristique qu'entre les coordonnées de longitude $\theta$ et de latitude $\varphi$ utilisées pour repérer des points sur une sphère et la longueur du chemin parcouru $\widehat{AB}$. Ce que montre cette formule c'est que quand on se donne ces coordonnées $(x, y, z, t)$ on peut en déduire une vitesse

$$V = \frac{\sqrt{dx^2 + dy^2 + dz^2}}{dt}$$




Pour que le temps $d\tau$ reste réel il faut que $V < C$

Le mouvement limite correspondra à $V = C$, et alors $d\tau = 0$

⇒ le temps propre du **PHOTON** est "gelé"

(*) en arabe : MEKTOUB

Pour les particules qui cheminent à V<C s'opère la **CONTRACTION DE LORENTZ**

$$c^2 d\tau^2 = c^2 dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2 \Rightarrow \frac{d\tau}{dt} = \sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}$$

$\tau$, c'est le temps qu'indique la montre du passager cheminant à la vitesse V, ce qui est illustré dans l'album **TOUT EST RELATIF**. Et quand V tend vers C "le temps gèle dans les chronomètres" Mais revenons au **GROUPE DE LORENTZ**. Ses éléments agissent sur des suites de points de l'espace-temps qui constituent un **MOUVEMENT**. En faisant agir un élément **L** du groupe de Lorentz sur un mouvement donné on obtient un autre mouvement. Le fait que ce groupe contienne des éléments **ANTICHRONES** montre que les mouvements **À REBROUSSE-TEMPS** doivent être pris en considération. A titre d'exemple voici une matrice qui appartient au groupe de Lorentz.-

$$\mathbf{L} = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \qquad {}^t\mathbf{L}\,\mathbf{G}\,\mathbf{L} = \mathbf{G} \text{ avec } \mathbf{G} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}$$

L'action est :

$$\begin{pmatrix} t' \\ x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} t \\ x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -t \\ x \\ y \\ z \end{pmatrix}$$

**INVERSION DU TEMPS**

Quand nous avons défini le **GROUPE ORTHOGONAL**, sous-groupe du groupe d'Isométrie de l'**ESPACE EUCLIDIEN**, nous l'avons complété à l'aide du vecteur des **TRANSLATIONS SPATIALES**

$$\mathbf{C} = \begin{pmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \end{pmatrix}$$

en construisant le **GROUPE D'EUCLIDE**, son groupe d'isométrie

élément du groupe orthogonal $O(3)$ → $a$

$$\begin{pmatrix} a & C \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} \mathbf{r} \\ 1 \end{pmatrix} \qquad \mathbf{r} = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}$$

De même, à partir du **GROUPE DE LORENTZ** nous allons bâtir le **GROUPE DE POINCARÉ**, groupe d'isométrie de l'espace de MINKOWSKI.

$$C = \begin{pmatrix} \Delta t \\ \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \end{pmatrix}$$ translations spatio-temporelles

$$\begin{pmatrix} L & C \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} \xi \\ 1 \end{pmatrix} \qquad \underline{\xi} = \begin{pmatrix} t \\ x \\ y \\ z \end{pmatrix}$$

Le groupe de Poincaré, à travers son sous-groupe $\begin{bmatrix} L & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$ hérite des propriétés du groupe de Lorentz et possède comme celui-ci quatre composantes :

- **DEUX ORTHOCHRONES** (n'inversant pas le temps)
- **DEUX ANTICHRONES** (inversant le temps)

Il nous reste à comprendre la **SIGNIFICATION PHYSIQUE** de cette inversion temporelle

# ESPACE, GROUPES ET OBJETS

On est parti de l'espace euclidien et on s'est mis en 2d pour pouvoir expliciter les calculs. On a alors construit son **GROUPE D'ISOMÉTRIE**, le **GROUPE D'EUCLIDE**. Celui-ci accompagne donc l'espace euclidien et permet d'**AGIR** sur des objets, des ensembles de points habitant dans cet espace. Mais on peut prendre le problème à l'envers : se donne le groupe, en tant qu'objet abstrait, purement mathématique, permettant d'envisager des **ACTIONS** et découvrir "l'espace qui va avec", le seul où ces actions peuvent être réalisées - "l'espace qui va bien", en quelque sorte. Ainsi l'espace et son groupe (d'isométrie) se confèrent-ils mutuellement leur existence.

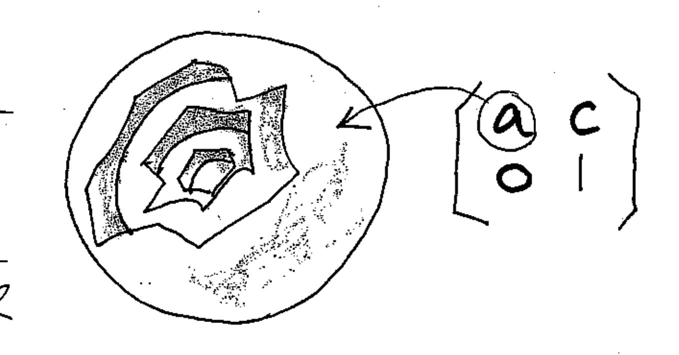
Mais il y a plus encore. Le groupe engendre les **OBJETS** de l'espace auquel il est lié en tant qu'**INVARIANTS PAR L'ACTION D'UN SOUS-GROUPE**. Donnons un exemple. Les rotations autour d'un point, dans l'espace euclidien 2d constituent un de ses sous-groupes. Les objets invariants sont alors la famille de cercles centrés sur ce point. C'est ainsi, en terme de groupe qu'on définit le cercle !




Lucrèce, poète et philosophe romain, 1er siècle avant J.C. Imagina que les objets étaient faits d'atomes en constatant l'analogie entre l'écoulement de l'eau et du sable

(Voir **L'ASPIRISOUFFLE** pages 15 à 17)

Dans le groupe d'Euclide 3d, les rotations autour d'un point constituent aussi un de ses sous-groupes. Quels sont les objets que les **ACTIONS DE CE SOUS-GROUPE** laissent **INVARIANT** ?
Réponse = la famille des **SPHÈRES** centrées sur ce point.
Le concept d'**INVARIANT** par telle ou telle action du groupe ou d'un de ses sous-groupes est un concept fondamental de la **THÉORIE DES GROUPES**. Dans ce groupe d'Euclide, d'où le temps est absent, le groupe fait naître lui-même des **OBJETS** qui peupleront l'espace auquel il est lié.




Quand le temps intervient, le groupe devient un **GROUPE DYNAMIQUE**. Il ne gère plus des objets statiques, mais des **ENSEMBLES DE "POINTS ÉVÈNEMENTS"** qu'on peut nommer **TRAJECTOIRES** ou **MOUVEMENTS**. Au début du siècle la remarquable mathématicienne allemande Emmy Noether (qualifiée par Einstein de "monument de la physique") a laissé son nom à un des théorèmes les plus importants de la physique qui dit qu'à tout sous-groupe d'un groupe dynamique correspond un **INVARIANT** qui lui correspond.

Dans le **GROUPE DE POINCARÉ** nous trouvons le **SOUS-GROUPE DES TRANSLATIONS TEMPORELLES**, représenté par la matrice ci contre. Groupe à 1 paramètre. Il lui correspond alors un invariant, scalaire : **L'ENERGIE E**
C'est ainsi, en termes de groupes, qu'on définit l'énergie !

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & \Delta t \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} t \\ x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} t+\Delta t \\ x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix}$$

Second sous-groupe = celui des **TRANSLATIONS SPATIALES** (matrice ci-contre), groupe à trois paramètres ($\Delta x, \Delta y, \Delta z$) -

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & \Delta x \\ 0 & 0 & 1 & 0 & \Delta y \\ 0 & 0 & 0 & 1 & \Delta z \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} t \\ x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} t \\ x+\Delta x \\ y+\Delta y \\ z+\Delta z \\ 1 \end{pmatrix}$$

Il lui correspond un nouvel invariant :

l'**IMPULSION** $\begin{pmatrix} p_x \\ p_y \\ p_z \end{pmatrix}$

c'est ainsi, à l'aide de **GROUPES DYNAMIQUES** qu'on définit l'impulsion - Les grandeurs de la physique deviennent aussi des **OBJETS GÉOMÉTRIQUES**, et cette démarche de **GÉOMÉTRISATION DE LA PHYSIQUE** constitue un des piliers de la **PHYSIQUE MATHÉMATIQUE**.

En continuant à jouer à ce petit jeu on pourrait considérer le sous-groupe des **TRANSLATIONS SPATIO-TEMPORELLES** (matrice ci contre)

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & \Delta t \\ 0 & 1 & 0 & 0 & \Delta x \\ 0 & 0 & 1 & 0 & \Delta y \\ 0 & 0 & 0 & 1 & \Delta z \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} t \\ x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} t+\Delta t \\ x+\Delta x \\ y+\Delta y \\ z+\Delta z \\ 1 \end{pmatrix}$$

l'objet invariant serait alors le **QUADRIVECTEUR IMPULSION-ÉNERGIE** $\begin{pmatrix} E \\ p_x \\ p_y \\ p_z \end{pmatrix}$

A quoi servent les **GRANDEURS DE LA PHYSIQUE** ? Bonne question. Réponse = **ON PEUT LE ADDITIONNER !**

Le groupe de Poincaré dépend de dix paramètres (on dit qu'il est "de dimension DIX", simple terminologie de matheux). Il y en a 3 pour la translation spatiale, 1 pour la translation temporelle. Il en reste six, qui représentent la dimension du groupe de **GROUPE DE LORENTZ**, qui gère "les rotations spatio-temporelles". Si on considère le groupe de Lorentz comme un sous-groupe du groupe de Poincaré :

le théorème de Noether nous dit qu'il doit lui correspondre un "objet" défini par six paramètres, qui sera invariant par l'action de ce sous-groupe.

$$\begin{pmatrix} L & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} \xi \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} L\xi \\ 1 \end{pmatrix} \text{ avec } \xi = \begin{pmatrix} t \\ x \\ y \\ z \end{pmatrix}$$

Dans cet objet se cache le **SPIN**. Souriau a montré en 1972 sa nature **PUREMENT GÉOMÉTRIQUE**. Il a la dimension d'un moment cinétique. Or le groupe de Poincaré gère les mouvements du **POINT MATÉRIEL RELATIVISTE**. L'interprétation du spin en tant qu'objet purement géométrique est préférable.

# LE "MOMENT"

Les sous-groupes correspondent à une sorte de "démontage du groupe, pièce par pièce, rouages par rouages". Lorsqu'on fait l'opération inverse, on reconstitue le groupe. L'ensemble des invariants dénombrés plus haut constitue ce que Souriau a appelé le "moment"

$$\text{moment} = \{ E, p_x, p_y, p_z, \ldots \text{SPIN} \}$$

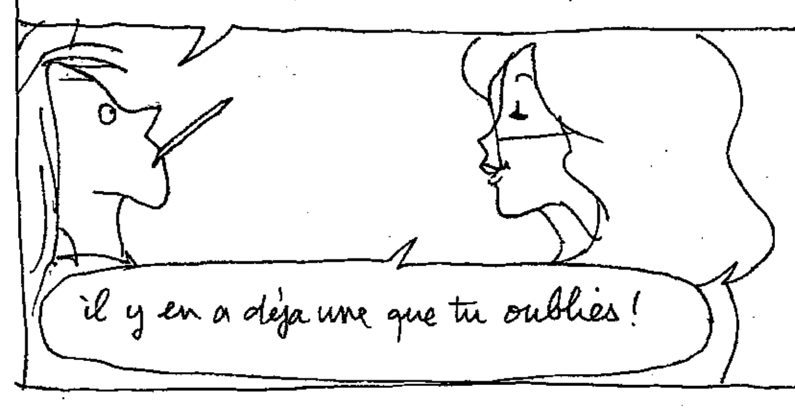
# ACTIONS D'UN GROUPE

Je connaissais la multiplication matricielle : $X' = MX$, mais je ne connaissais pas cette façon de faire **AGIR** un groupe de matrices de manière à gérer, par exemple dans le groupe d'Euclide, d'un coup les rotations, les symétries et les translations

$$X' = \begin{bmatrix} a & c \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \times X = \begin{bmatrix} aX + c \\ 1 \end{bmatrix}$$




mais... il n'y a pas trente six façons de faire **AGIR UN GROUPE**. Il y a celle-là, et c'est tout, non?



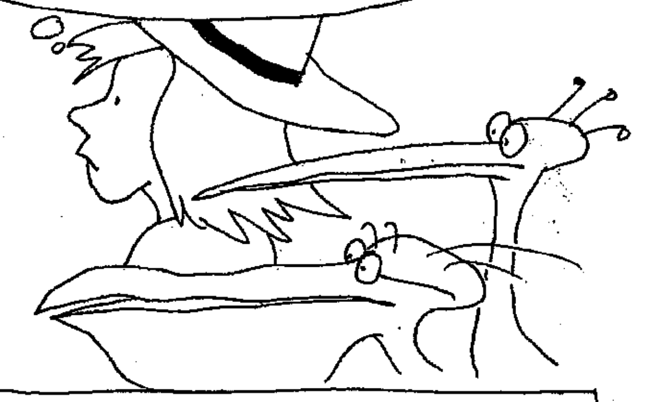



Un groupe peut **AGIR** sur les éléments d'un ensemble U et ces **ACTIONS** se définissent comme suit :

Soit g l'élément du groupe
Soit o l'opération de composition
soit u l'élément de l'ensemble U
$A_g(u)$ sera une action de g sur U si

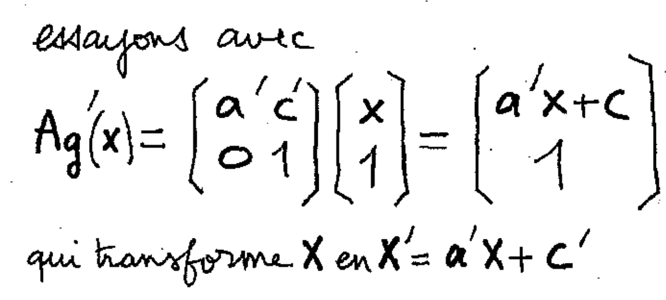
$$Ag''(u) = Ag\left[Ag'(u)\right]$$






Si l'action est simplement l'opération de composition o
$g \circ (g' \circ u) = (g \circ g') \circ u = g'' \circ u$ , ça marche. Donc
l'opération de composition est une action






j'écris $A_g(X') = \begin{pmatrix} a & c \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} a'X + c' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} aa'X + ac' + c \\ 1 \end{pmatrix}$

et là, je suis perdu, je ne reconnais plus rien ...



mais non, tout va bien. Fais le produit des deux matrices :

$$\begin{pmatrix} a & c \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} a' & c' \\ 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} aa' & ac'+c \\ 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a'' & c'' \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

ce que tu as obtenu c'est $\begin{pmatrix} a'' & c'' \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} X \\ 1 \end{pmatrix}$ donc :

$A_g\left[A_{g'}(X)\right]$ donne bien $A_{g''}(X)$ avec $g'' = g \times g'$

ça veut dire que $\begin{pmatrix} a & c \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} X \\ 1 \end{pmatrix}$ est bien une **ACTION** d'un élément **g** du groupe d'Euclide sur les point **X** de l'espace



et, de la même façon $\begin{pmatrix} L & C \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} \xi \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} L\xi + C \\ 1 \end{pmatrix}$ avec $\xi = \begin{pmatrix} t \\ x \\ y \\ z \end{pmatrix}$ est aussi une **ACTION** du **GROUPE DE POINCARÉ** sur les "points-événements" $\xi$ de l'**ESPACE-TEMPS**

# ATTENTION UNE GÉOMÉTRIE PEUT EN CACHER UNE AUTRE !

mais il existe une AUTRE ACTION
du groupe sur un AUTRE ESPACE

mais... il n'y a qu'un seul espace,
où s'inscrivent les mouvements,
l'espace-temps !?!

ce qui s'inscrit dans l'espace-temps
n'est que la TRAJECTOIRE. Le MOUVEMENT
se joue dans deux espaces, et le second est celui
des PARAMÈTRES DU MOUVEMENT, que j'ai
appelé ESPACE DES MOMENTS

Il y aura donc une
seconde action du groupe
sur les points de cet
espace, donc une
seconde géométrie, celle
du MOMENT




$$\boxed{J' = g \times J \times {}^t g}$$

où **J** est une matrice ANTISYMÉTRIQUE

on peut vérifier que c'est bien une **ACTION**.

$$A_g[A_{g'}(J)] = g \times [g' \times J \times {}^t g'] \times {}^t g = g\, g'\, J\; {}^t g'\, {}^t g$$

mais ${}^t[AB] = {}^tB\,{}^tA$ donc ${}^t g'\,{}^t g = {}^t(g\,g')$ et si $g'' = g\,g'$

$$A_g[A_{g'}(J)] = g'' \quad {}^t g'' = A_{g''}(J)$$

La matrice **J** a nécessairement le même format que le format (5,5) des matrices g du groupe. Dans une matrice antisymétrique les termes symétriques par rapport à la diagonale principale sont opposés. Donc ceux de cette diagonale principale sont égaux à zéro (qui est son propre opposé). On peut donc dénombrer les composants de cette matrice :

| | |
|---|---|
| $0$ | $l$ |
| $-l$ | $0$ |

(2,2)

| | | |
|---|---|---|
| $0$ | $-l_z$ | $-l_y$ |
| $l_z$ | $0$ | $-l_x$ |
| $-l_y$ | $l_x$ | $0$ |

(3,3)

| | | | |
|---|---|---|---|
| $0$ | $-l_z$ | $l_y$ | $f_x$ |
| $l_z$ | $0$ | $-l_x$ | $f_y$ |
| $-l_y$ | $l_x$ | $0$ | $f_z$ |
| $-f_x$ | $-f_y$ | $-f_z$ | $0$ |

(4,4)

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $0$ | $-l_z$ | $l_y$ | $f_x$ | $-p_x$ |
| $l_z$ | $0$ | $-l_x$ | $f_y$ | $-p_y$ |
| $-l_y$ | $l_x$ | $0$ | $f_z$ | $-p_z$ |
| $-f_x$ | $-f_y$ | $-f_z$ | $0$ | $-E$ |
| $p_x$ | $p_y$ | $p_z$ | $E$ | $0$ |

(5,5)

| Format | Nombre de composantes |
|---|---|
| (2,2) | 1 |
| (3,3) | 3 |
| (4,4) | 6 |
| (5,5) | 10 |



je peux découper cette matrice antisymétrique **J** de format (5,5) en une matrice antisymétique **M** de format (4,4) et un **QUADRIVECTEUR P**, à quatre composantes. Et je pourrai écrire tout cela de façon plus compacte. Cela me permettra d'expliciter le calcul de l'action du groupe de Poincaré sur cette matrice-moment **J** de manière plus commode, tout simplement

$$\mathbf{J} = \begin{pmatrix} 0 & -l_z & l_y & f_x & -p_x \\ l_z & 0 & -l_x & f_y & -p_y \\ -l_y & l_x & 0 & f_z & -p_z \\ -f_x & -f_y & -f_z & 0 & -E \\ p_x & p_y & p_z & E & 0 \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{pmatrix} 0 & -l_z & l_y & f_x \\ l_z & 0 & -l_x & f_y \\ -l_y & l_x & 0 & f_z \\ -f_x & -f_y & -f_z & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -p_x \\ -p_y \\ -p_z \\ -E \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} p_x & p_y & p_z & E \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} 0 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{M} = \begin{pmatrix} 0 & -l_z & l_y & f_x \\ l_z & 0 & -l_x & f_y \\ -l_y & l_x & 0 & f_z \\ -f_x & -f_y & -f_z & 0 \end{pmatrix} \qquad \mathbf{P} = \begin{pmatrix} p_x \\ p_y \\ p_z \\ E \end{pmatrix}$$

$${}^t\mathbf{P} = \begin{pmatrix} p_x & p_y & p_z & E \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{J} = \begin{pmatrix} \mathbf{M} & -\mathbf{P} \\ {}^t\mathbf{P} & 0 \end{pmatrix} \qquad g = \begin{pmatrix} \mathbf{L} & \mathbf{C} \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

vu sous cet angle, ce découpage est logique



il n'y a plus qu'à expliciter le calcul $\mathbf{J}' = g \times \mathbf{J} \times {}^t g$

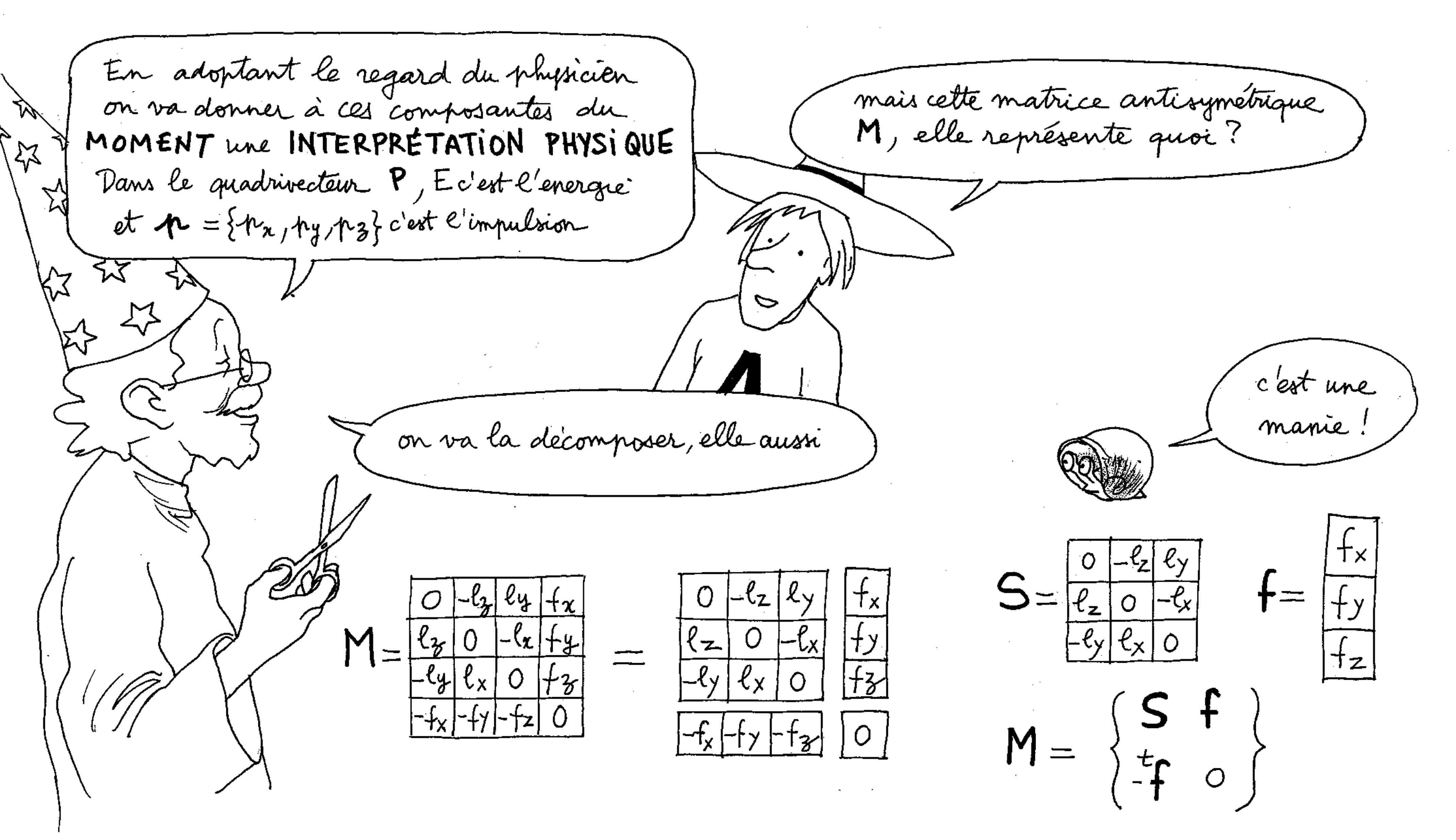
$$^t g = \begin{pmatrix} ^tL & 0 \\ ^tC & 1 \end{pmatrix} \qquad J' = \begin{pmatrix} L & C \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} M & -P \\ ^tP & 0 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} ^tL & 0 \\ ^tC & 1 \end{pmatrix}$$

$$J' = \begin{pmatrix} L & C \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} M\,^tL - P\,^tC & -P \\ ^tP\,^tL & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} LM\,^tL - LP\,^tC + C\,^tP\,^tL & -LP \\ ^tP\,^tL & 0 \end{pmatrix}$$

$$M' = LM\,^tL - LP\,^tC + C\,^tP\,^tL$$
$$P' = LP$$

je veux bien. Mais à quoi vont
me servir ces magnifiques formules ?



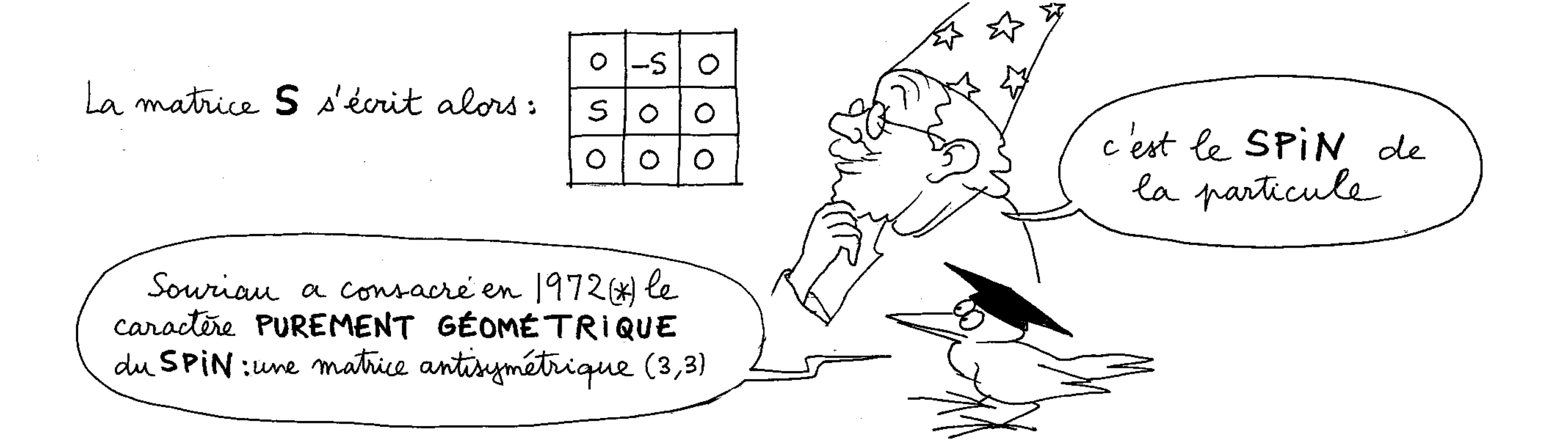



$$M = \begin{pmatrix} 0 & -\ell_z & \ell_y & f_x \\ \ell_z & 0 & -\ell_x & f_y \\ -\ell_y & \ell_x & 0 & f_z \\ -f_x & -f_y & -f_z & 0 \end{pmatrix}$$

$$S = \begin{pmatrix} 0 & -\ell_z & \ell_y \\ \ell_z & 0 & -\ell_x \\ -\ell_y & \ell_x & 0 \end{pmatrix} \qquad f = \begin{pmatrix} f_x \\ f_y \\ f_z \end{pmatrix}$$

$$M = \begin{pmatrix} S & f \\ -{}^t f & 0 \end{pmatrix}$$

La vitesse V est implicitement présente dans la matrice **L** du groupe de Lorentz. Si on considère un mouvement qui s'effectue selon une direction privilégiée, par exemple OZ avec une vitesse V et une translation $\Delta z = C$ et si par ailleurs $C = V \Delta t$ on se situe dans un système de coordonnées où on accompagne, au fil de cette translation spatio-temporelle la particule dans son mouvement. On montre alors que le vecteur **f** est nul.




La méthode de **QUANTIFICATION GÉOMÉTRIQUE** qu'il a inventée permet de montrer que ce spin **S** ne peut être qu'un multiple d'une quantité fixe : $\hbar$. On a vu que le fait qu'une particule soit dotée d'une charge électrique était équivalent au fait de dire qu'elle évoluait dans un espace doté d'une **CINQUIÈME DIMENSION**, la dimension de **KALUZA**. C'est le fait que cette dimension soit fermée sur elle-même qui entraîne que la charge électrique soit quantifiée. Dans l'espace-temps il existe une "forme de fermeture" qui fait qu'un objet se retrouve identique à lui-même sous l'action d'une rotation de 360°. La quantification du Spin, dans une certaine mesure, découle de cette propriété. Il existe une relation étroite entre quantification et fermeture d'une dimension. En exploitant l'outil groupe et la fermeture de la 5e dimension Souriau fait émerger l'équation de Klein-Gordon du groupe de Poincaré (et l'équation de Schrödinger du groupe de galilée, groupe dynamique gérant le mouvement du point matériel non relativiste)

(*) Structure of dynamical systems. Birkhauser ed. et sur le site de J.M.souriau http://www.jmsouriau.com

# L'INVERSION DU TEMPS ENTRAINE L'INVERSION DE L'ÉNERGIE

on a vu plus haut, page , que l'élément du groupe de Lorentz pouvait être mis sous la forme :

$$L = \mu L_o \qquad \mu = \pm 1$$

où $L_o$ représente l'élément du sous-groupe orthochrone (qui n'inverse pas le temps). Sous cette forme l'action s'écrit :

$$M' = L_o M \, {}^tL_o - \mu L_o P \, {}^tC + \mu C \, {}^tP L_o$$

$$P' = \mu L_o P$$

Considérons l'action la plus simple possible où il y a inversion du temps ($\mu = -1$)
Dans le groupe orthochrone $L_o$, choisissons la matrice unité $\mathbf{I}$. Annulons la translation spatiotemporelle $\mathbf{C}$. L'élément du groupe s'écrit :

$$g = \begin{pmatrix} -\mathbf{I} & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

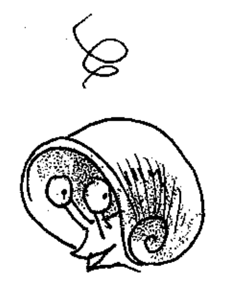
L'action sur l'espace-temps, l'espace des trajectoires se réduit à :

$$\xi' = -\xi \quad \Rightarrow \quad t \Rightarrow -t$$

C'est l'inversion du sens du temps le long de la trajectoire
L'action sur le moment est :

$$M' = M \quad \Rightarrow \text{le spin } s \text{ reste inchangé}$$

$$P' = -P \quad : \quad E \rightarrow -E$$



# ANNEXE 4 : L'ANTIMATIÈRE

Page 40 nous avions évoqué l'idée que pour qu'un point matériel relativiste soit doté d'une charge électrique **e** il fallait envisager son déplacement non dans un espace à quatre dimension, mais dans un espace à cinq : $\{t, x, y, z, \zeta\}$

$\zeta$ étant la cinquième dimension, ou **DIMENSION DE KALUZA**.
Page 137 on avait introduit la **MÉTRIQUE DE MINKOWSKI**

$$ds^2 = {}^t d\boldsymbol{\xi}\, G\, d\boldsymbol{\xi} = dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2$$

On va partir d'un **ESPACE DE KALUZA**, Riemanien hyperbolique, défini par sa signature $(+ - - - -)$ et sa matrice de Gram :

$$\Gamma = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} G & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} \text{ où } G = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}$$

La métrique de l'espace de Kaluza est :

$$d\Sigma^2 = dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2 - d\zeta^2$$

$$\mathbf{r} = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \qquad \boldsymbol{\xi} = \begin{pmatrix} t \\ x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} t \\ \mathbf{r} \end{pmatrix} \qquad \boldsymbol{\Omega} = \begin{pmatrix} t \\ x \\ y \\ z \\ \zeta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \boldsymbol{\xi} \\ \zeta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} t \\ \mathbf{r} \\ \zeta \end{pmatrix}$$

$$d\Sigma^2 = {}^t d\boldsymbol{\Omega}\, \Gamma\, d\boldsymbol{\Omega}$$

on peut alors rechercher le groupe d'isométrie de cet espace de Kaluza et on trouvera un groupe dont la représentation matricielle ressemble trait pour trait à celle du groupe de Poincaré, avec une dimension de plus :

$$\begin{pmatrix} \Lambda & C \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \quad \text{avec} \quad {}^t\Lambda\, \Gamma\, \Lambda = \Gamma$$

ce groupe agit sur les points de l'espace de Kaluza :

$$\begin{pmatrix} \Lambda & C \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} \boldsymbol{\Omega} \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Lambda \boldsymbol{\Omega} + C \\ 1 \end{pmatrix}$$

le vecteur **C** représente cette fois une translation à cinq dimensions :

$$\mathbf{C} = \begin{bmatrix} \Delta t \\ \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \\ \Delta \zeta \end{bmatrix}$$

les translations selon la dimension $\zeta$ représentent un sous-groupe de ce groupe :

dont la représentation matricielle est :

Sous groupe à 1 paramètre

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & \Delta\zeta \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} t \\ x \\ y \\ z \\ \zeta \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} t \\ x \\ y \\ z \\ \zeta + \Delta\zeta \\ 1 \end{pmatrix}$$

Le théorème de Noether nous qu'alors un nouveau scalaire sera invariant sous l'action de ce sous-groupe, et ce scalaire est

**LA CHARGE ÉLECTRIQUE $e$**

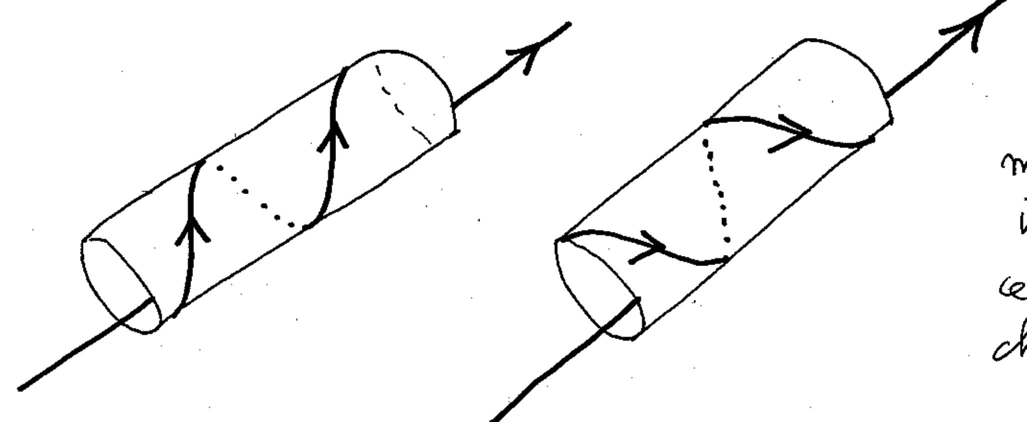
le groupe de Kaluza est construit à partir d'un groupe $\Lambda$
le groupe de Lorentz est un de ses sous-groupes =

$$\begin{pmatrix} L & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

voici un autre sous-groupe du groupe de Kaluza =

$$\begin{bmatrix} L & 0 & 0 \\ 0 & \mu & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \xi \\ \varsigma \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L\xi \\ \mu\varsigma \\ 1 \end{bmatrix}$$ avec $\mu = \pm 1$

les éléments ($\mu = -1$) de ce groupe inversent la cinquième dimension. Pour reprendre le dessin de la page 42 : (la cinquième dimension est fermée)



le sens de l'enroulement du mouvement de la particule est inversé. On démontre (...) que ceci entraîne l'inversion de la charge électrique $e$

Ceci ne saurait représenter une définition géométrique de l'antimatière. Une particule possède des **CHARGES QUANTIQUES** et la charge électrique **e** n'est que l'une d'entre elles. Mais on voit poindre l'idée : "le statut d'antimatière relève d'une type de mouvement dans un espace de dimension supérieure".

# SOUS-GROUPES DE LORENTZ ORTHOCHRONE ET ANTICHRONE

Le **GROUPE DE LORENTZ L** possède quatre composantes.

$L_n$ (neutre), $L_s$ (inverse l'espace), $L_t$ (inverse le temps), $L_{st}$ (inverse l'espace et le temps)

La "composante neutre" est un sous-groupe (qui contient l'élément neutre, à la différence des trois autres ensembles et n'inverse... ni l'espace ni le temps. Ci-après, quelques matrices qui appartiennent aux ensembles ($\in$ signifie "appartient à" et { } ensemble :

$$\begin{pmatrix} 1&0&0&0 \\ 0&1&0&0 \\ 0&0&1&0 \\ 0&0&0&1 \end{pmatrix} \in \{L_n\} \; ; \; \begin{pmatrix} 1&0&0&0 \\ 0&-1&0&0 \\ 0&0&-1&0 \\ 0&0&0&-1 \end{pmatrix} \in \{L_s\} \; ; \; \begin{pmatrix} -1&0&0&0 \\ 0&1&0&0 \\ 0&0&1&0 \\ 0&0&0&1 \end{pmatrix} \in \{L_t\} \; ; \; \begin{pmatrix} -1&0&0&0 \\ 0&-1&0&0 \\ 0&0&-1&0 \\ 0&0&0&-1 \end{pmatrix} \in \{L_{st}\}$$

# ANNEXE 5 : GROUPE GÉMELLAIRE

On peut regrouper ces quatre ensembles de matrices en deux sous-ensembles :

$$L_o \text{ (orthochrone)} = \{ L_n , L_s \} \qquad L_a = \{ L_t ; L_{st} \}$$

le premier sous-ensemble est un sous-groupe du groupe de Lorentz. Ce regroupement permet l'écriture :

$$L = \mu L_o \quad \text{avec } \mu = \pm 1 \quad \text{car } L_t = -L_s \; ; \; L_{st} = -L_n$$



$$\begin{pmatrix} E' \\ p'_x \\ p'_y \\ p'_z \end{pmatrix} = L \times \begin{pmatrix} E \\ p_x \\ p_y \\ p_z \end{pmatrix} = \mu L_o \times \begin{pmatrix} E \\ p_x \\ p_y \\ p_z \end{pmatrix}$$

les éléments $\mu = -1$ correspondent aux transformations **ANTICHRONES** qui inverse le temps.
La matrice unité (4,4) $I$ fait partie du groupe de Lorentz - quand on se limite à inverser le temps on voit que ceci inverse l'énergie, mais aussi l'impulsion $\mathbf{p}$

$$\mathbf{p} = \begin{pmatrix} p_x \\ p_y \\ p_z \end{pmatrix}$$

$$\boxed{E' = -E \qquad \mathbf{p}' = -\mathbf{p}}$$

Si on prend le groupe de Kaluza $\begin{pmatrix} \Lambda & C \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$

tous les calculs peuvent être reconduits en 5d et on obtiendra en particulier avec

$$\pi = \begin{pmatrix} E \\ p_x \\ p_y \\ p_z \\ e \end{pmatrix} \qquad \pi' = \Lambda \pi$$

On peut décomposer le groupe $\Lambda$ en deux composantes, l'une orthochrone et l'autre antichrone, et écrire

$$\Lambda = \mu \Lambda_o \quad \text{avec} \quad \mu = \pm 1$$

les composantes ANTICHRONES $(\mu = -1)$ inversent :

- l'Energie $E$
- l'impulsion $p$
- la charge électrique $e$

On peut exprimer $\Lambda$ en utilisant le sous-ensemble orthochrone $L_o$ du groupe de Lorentz et, en rajoutant $(\lambda = \pm 1)$ introduire (dans les deux feuillets) la dualité matière-antimatière

$$\Lambda = \begin{bmatrix} \mu L_o & 0 \\ 0 & \lambda \end{bmatrix}$$

Le sous-groupe du groupe de Kaluza pour lequel on opte s'écrit alors

$$\begin{bmatrix} \mu L & 0 & \Delta\xi \\ 0 & \lambda & \Delta\zeta \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \xi \\ \zeta \\ 1 \end{bmatrix}$$

# ANNEXE 6 :

# ESPACES IMAGINAIRES
# AVEZ-VOUS DONC UNE ÂME ?

on se rappelle qu'en faisant interagir les deux sous-ensembles cosmiques, d'énergies et de masses opposées, on avait représenté ces deux feuillets comme le revêtement d'un projectif, lequel, dans le cas de deux dimensions $(t, x)$ devenait une SURFACE DE BOY * (voir page)

on avait également envisagé que les deux "pôles" l'un figurant le BIG BANG et l'autre le BIG CRUNCH, au lieu d'être identifiés, correspondent à un passage, un pont reliant les deux feuillets. Ceci faisait disparaître la singularité et d'autre part, en 2d, donnait à l'objet-univers la topologie d'un tore T2 agencé en revêtement à deux feuillets d'une bouteille de Klein K2 (plus facilement "lisible" dans le Topologicon, page
l'Espace frontière est alors un cercle S1

(*) Abondamment décrite dans le TOPOLOGICON

Si on se place maintenant en 5d il faut supposer qu'on puisse construire une solution avec deux métriques du type =

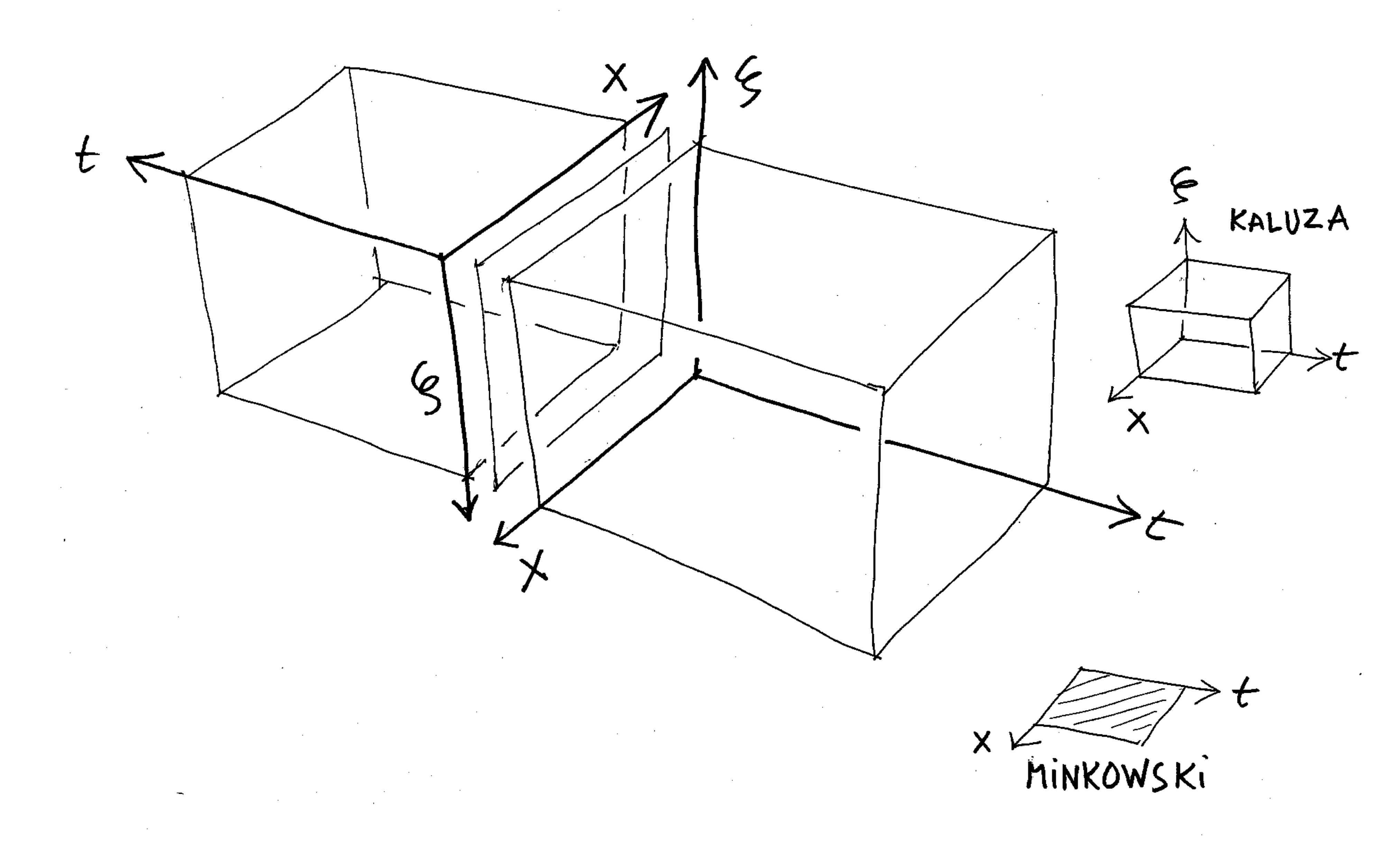
$$d\Sigma^2 = R^2 \left[ dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2 - d\zeta^2 \right]$$

Dans l'Univers primitif (voir PLUS RAPIDE QUE LA LUMIÈRE), avant la BRISURE DE SYMÉTRIE les deux facteurs d'échelle (Warp factors) sont supposés égaux. A la jonction il y a dégénérescence dimensionnelle. La métrique de l'espace-frontière devient alors =

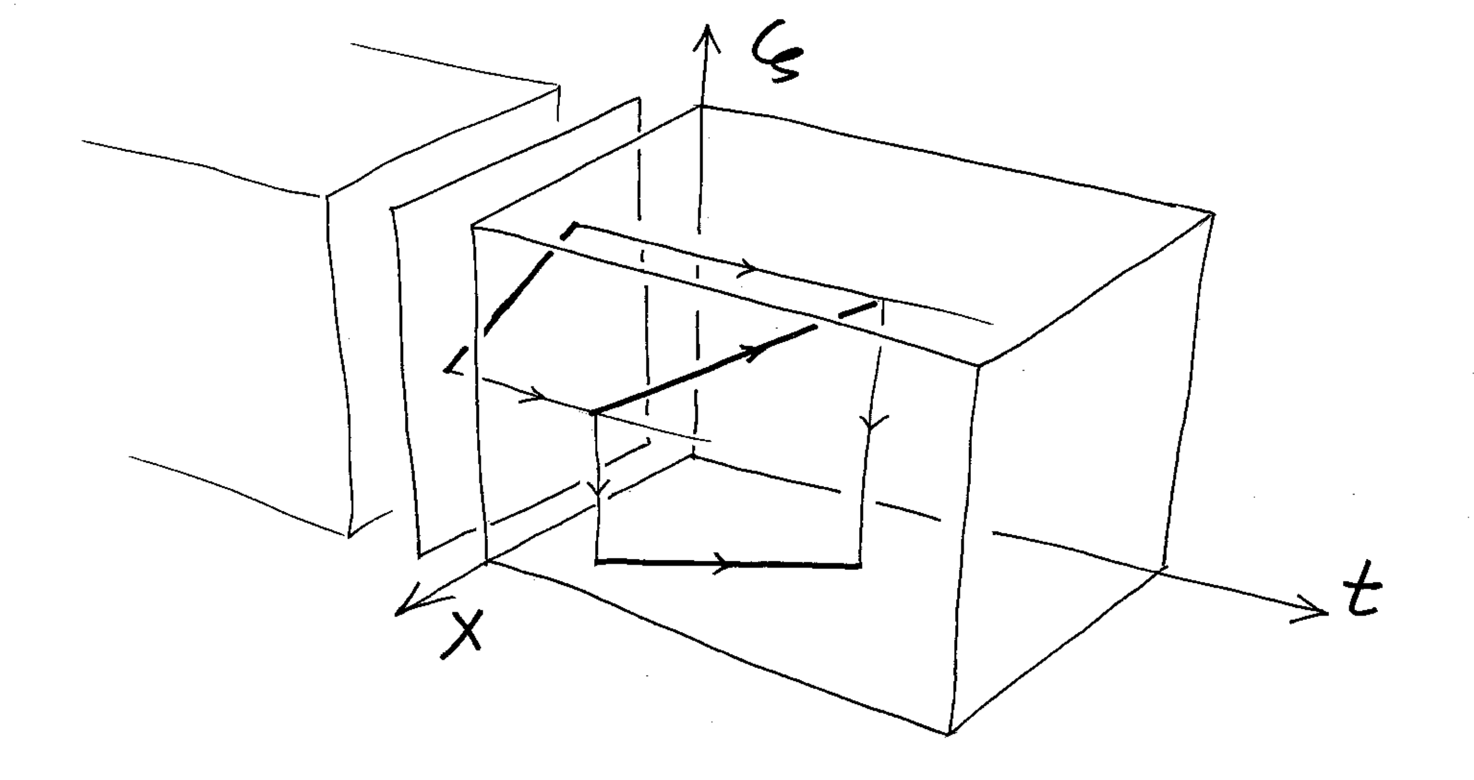
$$d\sigma^2 = R_{min}^2 \left[ - dx^2 - dy^2 - dz^2 - d\zeta^2 \right] < 0$$

DANS CET ESPACE-FRONTIÈRE, LA LONGUEUR EST IMAGINAIRE PURE PEUT-ELLE ÊTRE ASSIMILÉE À UN TEMPS IMAGINAIRE ?

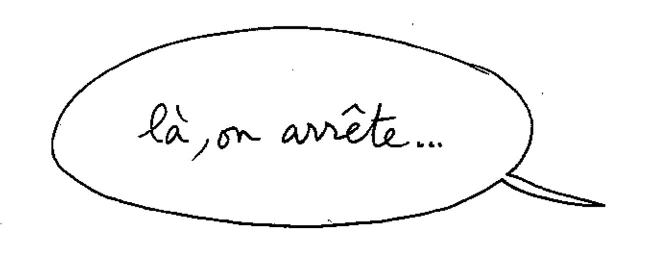
DANS TOUS LES CAS DE FIGURE, QUELLE SIGNIFICATION (MÉTA) PHYSIQUE DONNER À CETTE STRUCTURE GÉOMÉTRIQUE ?




le "TOY MODEL"



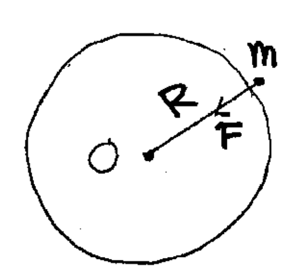

Personne ne s'est jamais hasardé à fournir un quelconque modèle de ce que pouvait être la **CONSCIENCE** avec son corrolaire = le **CHOIX**. On a ci-dessus une image amusante où une "ligne de destin", achrone, inscrite dans cet espace frontière (x, y, z, ς) de signature (– – – –) peut se projeter d'une infinité de manières possibles dans l'un des deux feuillets d'espace-temps (**X**, t), le choix de telle ou telle projection représentant un **DEGRÉ DE LIBERTÉ**






# ANNEXE 7 : SOLUTiONS NEWTONiENNES

En 1934 Milne et Mac Crea créerent une immense surprise en faisant émerger l'équation de Friedman, donnant la loi d'évolution de la dimension caractéristique R de l'univers avec trois fois rien de calcul et la loi de Newton. La méthode consiste à considérer un bout d'univers, contenu dans une sphère de rayon R et de centre O, $\rho$ étant la densité de matière dans ce milieu. On cherche alors quelle est l'accélération $R''$ à laquelle cette masse est soumise en supposant que le point O est fixe. On peut alors démontrer que la force, radiale, à laquelle cette masse m est soumise se limite à celle d'une masse $M = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho$, qui serait située en O et qui représente la masse contenue dans cette sphère de rayon R




$$F = \frac{-Gm}{R^2}\frac{4}{3}\pi R^3 \rho = m R''$$

on obtient l'équation différentielle :

$$R'' = -\frac{1}{R^2}\left(\frac{4\pi G \rho R^3}{3}\right)$$

Si la masse est conservée $\rho R^3 = C^{te}$. On obtient l'équation de Friedman =

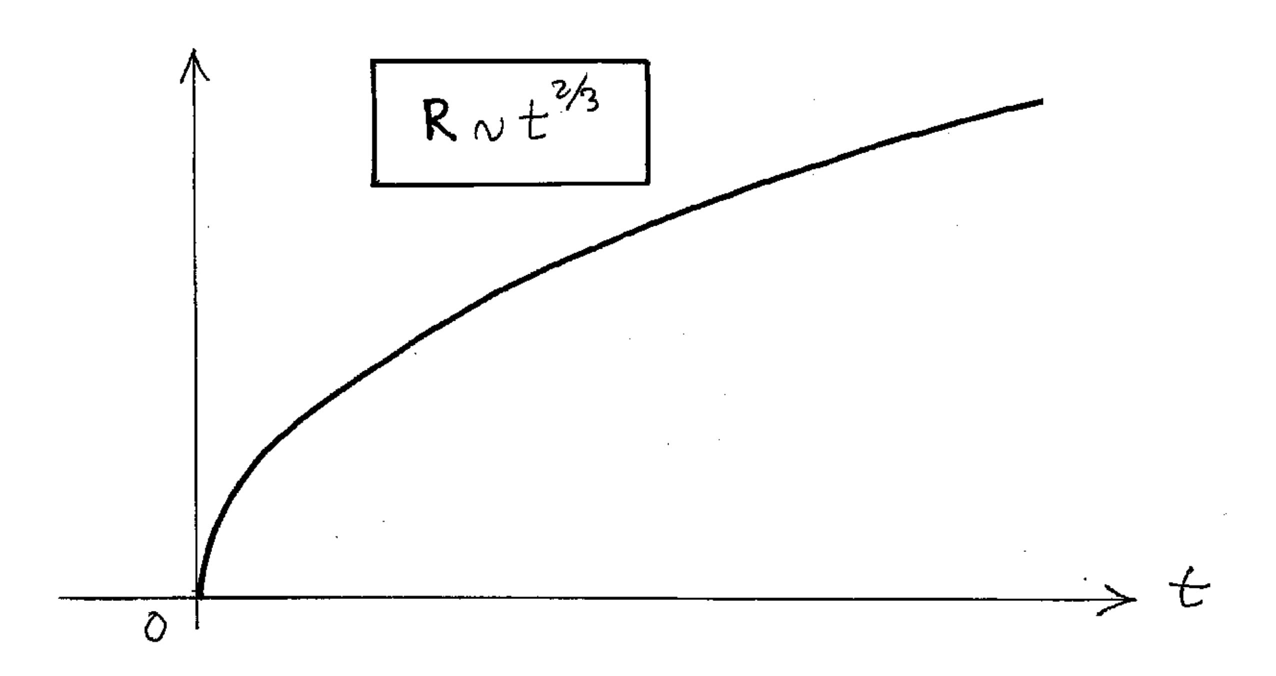
$$R'' = -\frac{a^2}{R^2}$$

qui possède trois types de solutions, qui font toutes les trois état d'une décélération, infinie pour $R = 0$ puis décroissant au fil de l'expansion $R(t)$ au fil du temps. Nous chercherons la loi en

$$R \sim t^n$$

$$R' = n a^2 t^{n-1} \quad ; \quad R'' = n(n-1) a^2 t^{n-2} \quad ; \quad R^2 R'' = n(n-1) a^6 t^{3n-2}$$

qui conduit à la solution parabolique :



Imaginons maintenant que l'évolution de l'Univers soit régie par deux contenus, l'un représentant des masses positives $m+$ et l'autre des masses négatives $m^-$. En outre, comme nous nous sommes efforcé de le faire comprendre dans l'album, cette expansion se joue à travers deux **FACTEURS D'ÉCHELLE** $R^+$ et $R^-$ ( Warp factors)

Considérons une masse $m^+$, positive située sur une sphère de rayon $R^+$ dont le centre est supposé fixe. Dans le cadre d'une approximation newtonienne calculons l'accélération $R^{+''}$ qu'elle subit. Elle peut être calculée en considérant, comme précédemment, la quantité de masse positive contenue dans cette sphère (et ramenée à son centre O) :

$$\frac{4}{3}\pi \rho^+ R^{+3}$$

Il nous faut ensuite tenir compte de la **MASSE APPARENTE** de la masse négative contenue dans cette sphère et qui est =

$$\frac{4}{3}\pi \rho^- R^{+3} \quad \text{avec} \quad \frac{\rho^-}{\rho^+} = \frac{R^{+3}}{R^{-3}}$$

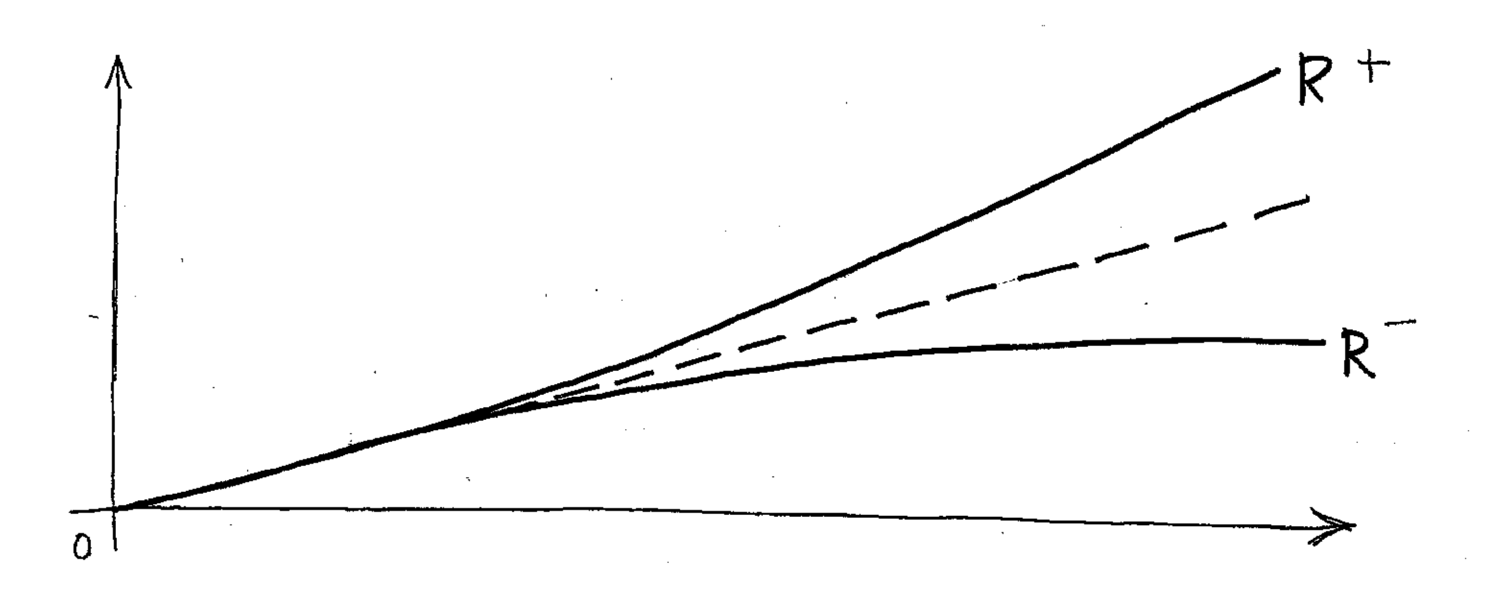
L'équation différentielle donnant $R^+(t)$ est alors =

$$R^{+''} = -\frac{Gm^+}{R^{+2}} \times \frac{4\pi R^{+3}}{3}\left(\rho^+ - \rho^-\right) = \frac{-a^2}{R^{+2}}\left(1 - \frac{R^{+3}}{R^{-3}}\right)$$

En faisant le même raisonnement en utilisant cette fois l'accélération $R^{-\prime\prime}$ subie par une masse $m^-$ et en prenant la constante (arbitraire) $a$ égale à 1 on aura le système des deux équations différentielles couplées :

$$\begin{cases} R^{+\prime\prime} = -\dfrac{1}{(R^+)^2}\left(1 - \dfrac{(R^+)^3}{(R^-)^3}\right) \\[2ex] R^{-\prime\prime} = -\dfrac{1}{(R^-)^3}\left(1 - \dfrac{(R^-)^3}{(R^+)^3}\right) \end{cases}$$

qui admet la solution linéaire (instable) $R^+ = R^- \sim t$



L'instabilité de la solution, en supposant que les masses positives subissent une accélération tardive donnera l'illusion de l'action d'une **ÉNERGIE NOIRE**.

Ces deux mondes constitués d'énergies et de masses de signes opposés interagissent. Dans le cas figuré à la page précédente les masses négatives, plus denses accélèrent le phénomène de l'expansion des masses positives, associées au facteur d'échelle $R^+(t)$. Phénomène inverse dans le "négamonde" où des observateurs, constitués de masses négatives et recevant des signaux véhiculés par des **PHOTONS À ÉNERGIE NÉGATIVE**, constateraient au contraire un ralentissement du phénomène d'expansion.

Le début de la courbe, où l'expansion semble linéaire, peut sembler incompatible avec les observations. Mais alors intervient une **BRISURE DE SYMÉTRIE** et une **VARIATION DES CONSTANTES**, en particulier de la vitesse de la lumière, sans laquelle la grande homogenéité de l'univers primitif n'est pas explicable. tout ceci fait l'objet de l'album

**PLUS RAPIDE QUE LA LUMIÈRE**